

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11289296 A**

(43) Date of publication of application: 19.10.99

(51) Int. Cl

H04B 10/02

G02F 1/11

H04B 10/17

H04B 10/16

H04J 14/00

H04J 14/02

(21) Application number: 10090383

(22) Date of filing: 02.04.98

(71) Applicant: FUJITSU LTD

(72) Inventor: ONAKA HIROSHI
MIYATA HIDEYUKI
OTSUKA KAZUE
KAI TAKETAKA
NAKAZAWA TADAO
CHIKAMA TERUMI

(54) OPTICAL TRANSMISSION EQUIPMENT,
OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM AND
OPTICAL TERMINAL STATION

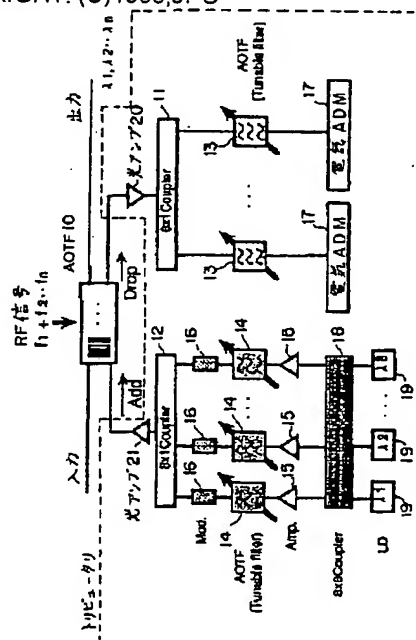
extracted from a through optical signal by the AOTF 10.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical wavelength multiplex network using an AOTF and having high reliability and high cost performance and a device to be used for the network.

SOLUTION: In the case of constituting an OADM device in an OADM system, an AOTF 10 is used. The AOTF 10 can select an optional wavelength by changing the frequency of an RF signal to be impressed. The AOTF 10 can drop an optical signal of specific wavelength out of a wavelength multiplex optical signal inputted from an input or synthesize a wavelength multiplex signal inputted from an addport with a through optical signal. In practical device constitution, it is realistic to use the AOTF 10 only for drop while considering the increment of coherent crosstalk. Or in another method, a dropped optical signal is branched by a photocoupler, wavelength is selected by a tributary station and the wavelength selected by the tributary station is



特開平11-289296

公開特許公報 (A)

(19) 日本国特許庁 (JP)

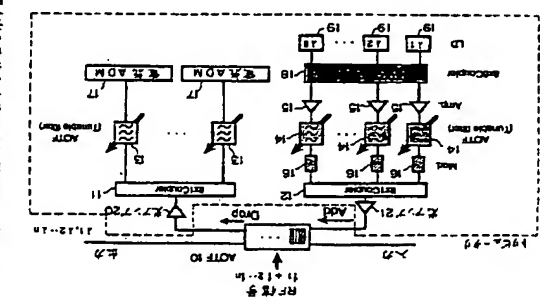
特開平11-289296
(43) 公開日 平成11年(1999)10月19日

(51) Int. Cl. ⁸	識別記号	特許請求 未請求 請求項の数 4/3	OL
H04B 10/02	F1		
H04B 9/00	H04B		U
G02F 1/11	G02F		I/I
H04B 10/17	H04B		J
H04B 10/16			E
H04J 14/00			
審査請求 未請求 請求項の数 4/3			
(21) 出願番号	特開平10-90383	(71) 出願人	000005223 富士通株式会社
(22) 出願日	平成10年(1998)4月2日	(72) 発明者	尾中 寛 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		(72) 発明者	宮田 英之 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		(74) 代理人	井理士 大音 親之 (外1名)

(54) 【発明の名称】 光伝送装置、光伝送システム及び光端局

(57) 【要約】
【課題】 AOTF を使用した信頼性、及びコストパフォーマンスのよい光波長多重ネットワーク及びそのための装置を提供する。

【解決手段】 OADM システムにおいて、OADM 装置を構成する際、AOTF 10 を使用する。AOTF は印加する RRF 信号の周波数を変えることによって、任意の波長を選択することができる。入力から入ってきた波長多重光信号の中から特定の波長の光信号をドロップしたり、アドポートから入力された波長多重信号をスルー光信号と合波することができる。ただし、コヒーレントロスと合波することができ、実際の装置構成においては、AOTF をドロップ専用として使用することが現実的である。あるいは、他の方法においては、ドロップ光信号は光アンプで増幅し、波長をトリビュタリ局で選択するようにし、トリビュタリ局で選択された波長を AOTF でスルー光信号から抽出するようにする。



(2) 特開平11-289296

【特許請求の範囲】
【請求項1】 WDM 通信システムにおいて、任意の波長の光信号を分岐したり、挿入したりする光伝送装置であって、
分岐・挿入すべき光信号のうち、一部の光信号について分岐・挿入動作を行う第1の可変波長選択フィルタと、
前記第1の可変波長選択フィルタで選択された分岐・挿入すべき光信号について分岐・挿入動作を行う第2の可変波長選択フィルタとを有し、
第2の可変波長選択フィルタの少なくとも2つの可変波長選択フィルタを備え、
複数の可変波長選択フィルタを用いて分岐・挿入すべき光信号の全てを分岐または挿入することを特徴とする光伝送装置。
【請求項2】 前記第1及び第2の可変波長選択フィルタは、表面弾性波の作用を利用した1個のAOTF、もしくは該AOTFを複数段カスケード接続したものであることを特徴とする請求項1に記載の光伝送装置。
【請求項3】 前記第1の可変波長選択フィルタで処理する波長と前記第2の可変波長選択フィルタで処理する波長が分岐・挿入されるべき光信号の波長を短波長側から番号を付けたときの奇数番目と偶数番目の波長に対応する波長であることを特徴とする請求項1に記載の光伝送装置。
【請求項4】 前記第1及び第2の可変波長選択フィルタでは分岐の機能だけを持ち、挿入すべき光信号を第1及び第2の可変波長選択フィルタを透過した透過光信号に光合波器を用いて合波させることを特徴とする請求項1に記載の光伝送装置。
【請求項5】 前記第1の可変波長選択フィルタで分岐された光信号と、前記第2の可変波長選択フィルタで分岐された光信号とを合波する合波器を備えることを特徴とする請求項4に記載の光伝送装置。
【請求項6】 前記第1の可変波長選択フィルタの分岐光を出力するポートと、前記第2の可変波長選択フィルタの分岐光信号とを合波するための合波器の間に可変光アッテネータを持ち、これにより前記第1の可変波長選択フィルタの分岐光信号のパワーを前記第2の可変波長選択フィルタの分岐光信号のパワーとほぼ同一になるように調整できるように構成されたことを特徴とする請求項5に記載の光伝送装置。
【請求項7】 前記第1及び第2の可変波長選択フィルタで分岐された光信号を合波する前記合波器の出力ポートに光スベクトルモニタを接続して、分岐された光信号の有無・波長・パワーを監視することを特徴とする請求項5に記載の光伝送装置。
【請求項8】 前記第1及び第2の可変波長選択フィルタの分岐されない光信号を出力する透過ポートに前記第1及び第2の可変波長選択フィルタ内部を光信号が伝播することによって生じる屈折分散を打ち消す手段を備えることを特徴とする請求項1に記載の光伝送装置。
【請求項9】 前記第1及び第2の可変波長選択フィルタに入力する光信号のそれぞれに波長に対応するRF信号の印加パワを調整することにより、前記第1及び第2の可変波長選択フィルタで分岐されない透過光信号のパワーを調整することを特徴とする請求項2に記載の光伝送装置。
【請求項10】 入力伝送路と前記第1の可変波長選択フィルタの間に、挿入すべき光信号を合波する前記合波器と出力伝送路の間に光増幅器を備え、伝送路の損失と前記合波器の損失を補償することを特徴とする請求項4に記載の光伝送装置。
【請求項11】 入力伝送路と前記第1の可変波長選択フィルタの間の光増幅器を、第1の光増幅器と分散補償器と第2の光増幅器とから構成し、分散補償器では伝送路によって光信号が受けた分散を補償し、この分散補償器の損失を第2の光増幅器で補償することを特徴とする請求項10に記載の光伝送装置。
【請求項12】 前記第1または第2の光増幅器の入力部あるいは出力部にカプラーを備え、該カプラーによって分岐された分散光をモニタすることにより、光信号の有無・波長・パワーを監視することを特徴とする請求項10又は11に記載の光伝送装置。
【請求項13】 前記第1の可変波長選択フィルタの前段に分岐器を持ち、該分岐器により伝送されてきた光信号の一部を分岐して、分岐された光信号を受信する端局に送信し、前記第1及び第2の可変波長選択フィルタは次のノードに伝送すべき光信号をスルー光信号として透過ポートに出力し、次のノードに伝送すべき光信号を分岐光信号として選択ポートに出力することを特徴とする請求項4に記載の光伝送装置。
【請求項14】 前記第1の可変波長選択フィルタの前段と前記合波器の後段に1×2光スイッチを備え、該1×2光スイッチのポートの一方が通常使用する前記第1及び第2の可変波長選択フィルタに接続し、他の一方のポートが前記第1及び第2の可変波長選択フィルタに接続し、通常使用する第1及び第2の可変波長選択フィルタに障害が生じた時にも該1×2光スイッチを切り替えて前記第1及び第2の可変波長選択フィルタを使用して伝送を行うことを特徴とする請求項4に記載の光伝送装置。
【請求項15】 前記第1の可変波長選択フィルタの前段と前記合波器の後段に1×2光スイッチを備え、スイッチのポートの一方が通常使用する伝送路に接続し、他の一方のポートが前記の伝送路に接続し、通常使用する伝送路に障害が生じたときにも該1×2光スイッチを切り替えることにより予備の伝送路を使用して伝送を行うことを特徴とする請求項4に記載の光伝送装置。
【請求項16】 挿入されるべき光信号が伝送されて来ない場合にも、前記第1及び第2の可変波長選択フィルタ

ルタで挿入されるべき光信号に対応する波長の分岐操作を行うことを特徴とする請求項1又は11に記載の光伝送装置。

【請求項17】 WDM光通信システムにおいて、分岐及び挿入すべき光信号を分岐・挿入する光伝送装置から分岐した光信号を受信し、挿入すべき光信号を該光伝送装置に伝送する光増幅器であって、

所定の波長の光信号を、所望の数だけ合波し、挿入すべき光信号として前記光伝送装置へ伝送する光合波器を備えることを特徴とする光増幅器。

【請求項18】 前記光合波器の後段に分散補償器を備え、伝送路の分散を最適に補償することを特徴とする請求項17に記載の光増幅器。

【請求項19】 伝送に用いるすべての信号波長に対応する複数の光源を備え、該複数の光源の出力光を合波する合波器と、

該合波器による損失を補償する光増幅器と、伝送に用いる最大の信号波長数を最大とする所望の波長で光を分波する分波器と、

該分波器により分波されたそれぞれの光について、所定の光波長を選択する光可変フィルタと、

該選択された光に変調信号を印加することによって任意数任意波長の光信号を生成し、前記光伝送装置に挿入すべき光信号として伝送する手段と、を備えることを特徴とする請求項17に記載の光増幅器。

【請求項20】 伝送路から伝送されてきた波長多重光信号のうち、所定の波長の光信号を分岐し、対応する波長の光信号を挿入する光伝送装置と、該光伝送装置から分岐された光信号を受信し、挿入すべき光信号を該光伝送装置に伝送する光増幅器とからなる光伝送システムにおいて、

該光伝送装置で分岐された光信号を必要に応じて増幅する光増幅器と、

該光信号を所望の数までパワー分岐する光分波器と、該光分波器の出力のそれぞれに光フィルタとを備え、前記光増幅器は所定の光波長の信号を選択して受信することを特徴とする光伝送システム。

【請求項21】 前記分波器の出力のそれぞれに備える光フィルタを、選択波長を可変とすることのできる可変光フィルタとし、前記光増幅器で任意の波長の光信号を選択して受信することを特徴とする請求項20に記載の光伝送システム。

【請求項22】 分波器の出力に備える可変光フィルタとして、1個のAO TF、もしくは該AO TFを複数段にカスケード接続したものを使用したことを特徴とする請求項21に記載の光伝送システム。

【請求項23】 前記光伝送装置において、伝送路への出力ポートにモニタ用の分岐ポートを設け、光信号の有無・波長・パワーを監視すると同時に、所望の波長の光信号を分岐するための波長選択フィルタへの制御信号の印

所定の光波長と光パワーになるように制御した後に、該端局の光送信器を駆動するシーケンス処理を有すること

を特徴とする光伝送システム。

【請求項30】 該光伝送装置では、光信号を分岐、挿入するおしにないに開らず、スルーさせるとき以外は常にAO TFにR F信号を印加して光信号を分岐しておき、該端局では、1波分岐用AO TFにR F信号を印加しないことで、伝送路中のA S Eを削減し、パスなし状態を作り出すことを特徴とする請求項29に記載の光伝送システム。

【請求項31】 各波長の光信号間にレベル差が発生している場合は、該光伝送装置では、光信号をスルーさせるときに分岐・挿入用AO TFに印加する各R F信号に微弱な1波分岐を付けてレベル差を分岐し、該端局では、1波分岐用AO TFはR F信号を印加しないことで、分岐された光信号を受信しないことにより、伝送路や光増幅器中継器、光ファイバで生じた各波長間のレベル差を補正することを特徴とする請求項29に記載の光伝送システム。

【請求項32】 前記光伝送装置では、光信号を分岐、挿入するおしにないか、及び、波長間レベル差補償するしないに開らず、分岐・挿入用AO TFに印加するR F信号のトータルパワーを一定にするために、R F信号の印加が必要ないスルー状態の場合でも、運用中の光信号の波長帯域から十分外れた場所でR F信号を印加しつづけることを特徴とする請求項31に記載の光伝送システム。

【請求項33】 R F信号をオンする際に、伝送路中に設けられる光増幅器で急激な光サージが発生させないためにR F信号を所定のパワーまで段階的に立ち上げていくR F発振器を備えることを特徴とする請求項29に記載の光伝送システム。

【請求項34】 R F信号制御回路内にROMを持ち、分岐時に前記光伝送装置内のAO TFに印加するR F信号のデータ、スルー時のR F信号データなど複数のR F信号の印加状態を記憶しておき、ROMのデータを用いてR F発振器の設定値を変更することによって、瞬時に所定のR F周波数とパワーを印加することが可能な構成を有することを特徴とする請求項29に記載の光伝送システム。

【請求項35】 1波以上の光波長に送信信号を光強度変調して送出し、光増幅器中継器伝送する光伝送装置、および、該光伝送装置中に伝送信号光の分岐、挿入機能を持つノードを有した光伝送システムにおいて、送信側で送信光に光位相変調もしくは光周波数変調する手段を有し、該送信器は、伝送路で波長が広がるようなチャーピングを行い、送信器と伝送路の間、伝送路と受信器の間に伝送路の波長分散特性を補償する分散補償手段を配置したことを特徴とする光伝送システム。

【請求項36】 各中継スパン毎あるいは、ノード毎のいずれかに伝送路の波長分散特性を補償する分散補償手段

を配置したことを特徴とする請求項35に記載の光伝送システム。

【請求項37】 各中継スパン毎あるいはノード毎のいずれかに配置する分散補償手段の各分散補償値は分散補償間の伝送路の分散量に応じて設定することを特徴とする請求項36に記載の光伝送システム。

【請求項38】 波長分散値が正である伝送路を有することを特徴とする請求項36～37のいずれか1つに記載の光伝送システム。

【請求項39】 送信側で送信光に光位相変調もしくは光周波数変調する手段のチャーピングパラメータが+1近傍である送信器を有することを特徴とする請求項36～37のいずれか1つに記載の光伝送システム。

【請求項40】 送信器と伝送路の間、伝送路と受信器の間に配置した分散補償値を伝送ルートに応じて変化させる機能を持つ分散補償手段を有することを特徴とする請求項35～37のいずれか1つに記載の光伝送システム。

【請求項41】 伝送ルートに応じて分散補償値を変化させる分散補償手段を有することを特徴とする請求項35に記載の光伝送システム。

【請求項42】 前記分散補償手段は、分散補償値の異なる、あるいは、分散補償値の同じ複数の分散補償器と、伝送されてきた光信号を所望の分散補償器に通わせる光切り替え手段と、を備え、

該光信号が通過する分散補償器の組み合わせを切り替えることにより、光信号が受けた分散補償値に応じて最適な分散補償を行うことを特徴とする請求項36に記載の光伝送システム。

【請求項43】 表面弾性波の作用を使って所望の波長の光信号を波長多重光信号の中から選択分岐、あるいは選択挿入するAO TFにおいて、

該AO TFの形成されている基板の表面であって、AO TFの近傍に共振器を形成し、該共振器の共振周波数の変化を検出することにより、該AO TFの表面温度を計測し、該計測結果に基づいてR F信号を制御して、該AO TFの動作を安定化させることを特徴とするAO TF制御装置。

【発明の詳細な説明】
[0001]
【発明の要する技術分野】 本発明は、波長分割多重光ネットワークに関する。

【従来の技術】 従来のマルチメディアネットワークを目指し、さらなる超長距離・大容量の光通信システム、また、これを用いた光波ネットワークの構築が要求され研究開発が盛んに行われている。

[0003] これまでに大容量化を実現する方式として、時分割多重 (Time-Division Multiplexing ; T D

M) 方式、光領域での時分割多重 (Optical Time-Division Multiplexing : OTDM) 方式、波長分割多重 (Wavelength-Division Multiplexing : WDM) 方式等の研究が行われている。

【0004】これらの方式の中で、WDM方式は光ファイバの広帯域・大容量性を有効利用でき、さらに光合成分波器（光フィルタ）を用いることにより変調方式・速度により「伝送光信号を選択・分岐・挿入可能」となり上記の機能を実現できる。

【0005】すなわち、光波ネットワークではネットワーク上の各ノードで必要に応じて分岐・挿入 (Add/Drop Multiplexer : ADM)、伝送路を選択する光ルーティング、クロスコネクトを行う機能を持つ必要がある。

【0006】光楕号の分岐・挿入を行うための装置としては、光ADD/DROP装置が研究開発されている。光ADD/DROP装置には、分岐・挿入を行う光楕号の波長が固定されている波長固定型と任意の波長の光楕号を分岐・挿入できる任意波長型とがある。

【0007】波長固定型は、例えば、サーキュレータとファイバブレードティングとからなり、伝送されてきた光信号のうち特定の波長の光信号をファイバブレードティングで反射して、サーキュレータを用いて分岐するものである。挿入する場合には、挿入しようとする光信号をサーキュレータで一旦ファイバブレードティングに送り、ファイバブレードティングで特定の波長が反射され、伝送路を直進してきた光信号と合波するものである。

【0008】このような波長固定型においては、分岐・挿入する光信号の波長がシステムの種類時に決定されてしまうために、光波ネットワークに対する多くの要求に、対し十分に対応することができないという問題がある。

【0009】これに対し、任意波長型は分岐・挿入する光信号の波長をシステム構築後においても遠隔操作で変更することができるので、分岐・挿入する波長（チャネル）を変えたいという要求にも容易に対応することができ、る。

【0010】図57は、光スイッチを用いた光ADM(OADM)装置の構成の一例を示した図である。波長 λ_1 ～ λ_n の波長多重光は入力側からデマルチプレクサ(DMUX)に入力され、各波長の光信号に分解される。各波長の光信号は、各波長毎に設けられた2×2光スイッチ2に入力される。2×2光スイッチは、光路を切り替えることによって、各光信号を、直通させるか(スルーさせるか)、ドロップさせるかする。

【0011】 2×2光スイッチでドロップされた光信号は、トリビュタリ局（ブランチ局）に送信される。2×2光スイッチをスルーした光信号は、そのままマルチプレクサに入力され、波長多重光に多重された出力される。2×2光スイッチによってドロップされた光信号は、トリビュタリ局に送られる。トリビュタリ局で

は、ドロップされた光信号を合分波器で一旦合波した
後、各チャネル毎に取られる光受信器ORに光信号を
供給するため、合波した光信号を分岐する。同図には、
図示されていないが、光受信器ORには、波長選択フイ
ルが設けられており、合分波器で分岐された光信号の
中から所望の波長の光信号を選択して受信する。

【0012】このように、OADM装置で波長多重された光信号を各波長の光信号号に分配してからそれぞれを光スイッチでドロップすることが出来る。所望の波長の光信号号をドロップすることが出来る。トリビュタリ局側では、ドロップされた光信号のうち所望の波長（チャネル）の光信号号を受信することが出来る。特に、ドロップされる波長は異なる場合を考えると、光受信器ORの前に設けられる波長選択フィルタとして、選択波長が可変のものを使用すれば、例えば、1番の光受信器で受信する光信号の波長を自由に変えることが出来る。

【0013】光変換器ORで光信号を電気信号に変換されたものは、電気信号で、アド・ドロップ処理を行う電気ADM(E ADM)で処理される。また、E ADMからは、トリビュタリ局から送信すべき信号が出力される。光送信器OSによって光信号に変換されて送出される。図面に示される、トリビュタリ局の各光送信器OSの出力する光信号の波長は、OADM装置で、光スイッチされた波長の内のいずれかを用いるように、光スイッチに入力される。光スイッチでは、光送信局OSから送信されてくる光信号の光路を切り替えて、ドロップ処理を行っている2×2光スイッチに、対応する波長の光信号を送るようになっている。ドロップ処理を行っている各2×2光スイッチでは、ドロップした光信号の波長と同じ波長の光信号をトリビュタリ局から受け取り、マルチビュレタリ局から送信されてきた光信号は、OADM装置をスルーする光信号とマルチプレクサMUXで合波され、波長多重光信号として出力される。

【0014】
【発明が解決しようとする課題】任意波長型のOADM装置として、上記のように、光スイッチを使つたものが、装置として、光スイッチで考えられるが、装置として、動作が重いという問題点がある。また、光ネットワークを構成当初に最大多波長波長よりも少ない波長数でシステムを運用する場合に、マルチプレクサ、デマルチプレクサが必要のない、出力及び入力ポートを有していることになり、無駄な構成を有していることになる。また、2×2光スイッチを軸めから揃える場合には、使用しない光スイッチを有していることになり、初期投資の増大を招く。

【0015】さらに、上記の方式では、光信号をマルチプレクサで各波長の光信号に分岐しているの、マルチプレクサがバンドパスフィルタのような特性を各波長の

光信号に対して持つことになる。このようなバンドパスフィルタのような特性のデバイスを直列に接続すると、パスバンドの幅がなすれが累積し、システム全体としてのパスバンドが各波長について非常に狭くなってしまふと言う問題がある。従つて、この問題を避けるようすれば、各光装置のパスバンドを厳密に一致させる必要があり、システムの取組及び設置作業が非常にシビアになってしまう。

【0016】また、光信号は、AM変調されているので、被受成分で見るとサイドバンドが生じている。このような光信号が、パルスバンドの非常に狭くなったシステムを伝播すると、被受成分の非線形性により、光信号は受信側で変調できなくなる可能性がある。感度の場合には、システムを光信号が伝播できないという事態も生じうる。

【0017】このような問題は、全ての波長をマルチチャレックスのようなもので一旦分波する構成を採用することによって起こる。従って、固定波長型のように、ファイバグレーティングを使用する場合には、ドロップする波長の光信号のみが抜き取られ、他の波長成分に対するファイバグレーティングの特性はフラットであるので、上記のようにシステム全体に渡っては波長バンドが狭くなってしまいうという問題は生じない。

【0018】従って、ファイバグレーディングを使用し、OADM装置を構成することが考えられるが、ファイバグレーディング自体は、選択波長が固定されているので、任意波長のOADM装置を構成する場合には、波長数のファイバグレーディングと、それぞれのファイバグレーディングに対して設けられる光スイッチとが必要となる。これでは、やはり、装置として動作が重くなってしまう。

【0019】また、OADM装置は、電気的ADM装置と組み合わせて信号を処理する必要があるため、電気ADM装置を始めるから波長数分だけ用意しておくのでは、コストが大きくなってしまふ。従って、用意すべき電気ADM装置のコストとOADM装置のコストの合計ができるだけ小さくなるように構成しなければならぬ。

【0020】また、今日の波長多重数を増加しようという要求に対し、例えば、3波長の波長を扱うためのマルチククススイッチが現在存在せず、小さなスイッチを組み合わせなければならないと言う問題がある。このようにすること、スイッチが非常に大きくなってしまい、装置の小型化を推進する上で障碍となる。

【0021】上記のような問題を解決する方法として、音響光学チュネラブルフィルタ (Acousto-Optic Tunable Filter; AOTF) を使用することが考えられる。AOTFは、ファイバグレーティングのように、ドロップする波長の光のみ抽出するという動作をするので、スプレッドする光帯域に対する波長特性はフラットであり、上記したような、パスバンドがシステム全体で狭くなってしまふという問題が無い。また、ファイバグレーティング

グと異なり、ドロップする波長を任意に選択可能であるので、容易に任意波長型OADM装置を構成することもできる。また、AOTFは波長選択フィルタとしても使用できるため、透過波長固定型のバンドパスフィルタの代わりに、トリビュタリ局の波長選択フィルタとしても使用可能であり、非常に用途の広いデバイスである。しかもコスト的にも有利であり、OADMシステムを構築するのに適したデバイスである。

【0022】本発明の課題は、AOTFを使用した情報伝達性、及びコストパフォーマンスの良い光波長多重ネットワーク及びそのための装置を提供することである。

【0023】
問題を解決するための手段）本発明の光伝送装置は、WDM通信システムにおいて、任意の波長の光信号を分岐して、挿入したり、挿入しなかったりして、分岐、挿入すべき光信号のうち、一部の光信号について、分岐・挿入動作を行う第1の可変波長選択フィルタと、前記第1の可変波長選択フィルタで選択されなかった、分岐・挿入すべき光信号について分岐・挿入動作を行う第2の可変波長選択フィルタとの少なくとも2つの可変波長選択フィルタを備え、複数の可変波長選択フィルタを用いて分岐・挿入すべき光信号の全てを分岐または挿入することを特徴とする。

【0024】本発明の光端局は、WDM光通信システムにおいて、分岐及び挿入すべき光信号を分岐・挿入する光伝送装置から分岐した光信号を受信し、挿入すべき光信号を該光伝送装置に伝送する光端局であって、所定の波長の光信号を、所望の数だけ波し、挿入すべき光信号として前記光伝送装置へ伝送する光波器を備えることを特徴とする。

【0025】本発明の光伝送システムは、伝送路から伝送されてきた波長多重光信号のうち、所定の波長の光信号を分岐し、対応する波長の光信号を挿入する光伝送装置と、該光伝送装置から分岐された光信号を受信し、挿入すべき光信号を該光伝送装置に伝送する光端局とからなる光伝送システムにおいて、該光伝送装置で分岐された光信号を必要に応じて増幅する光増幅器と、該光信号を所望の数までバワー分岐する光分波器と、該光分波器の出力のそれぞれに光フィルタを備え、前記光端局は、所定の光波長の信号を選択して受信することを特徴とする。

【0026】本発明の他の側面は、伝送路から光信号を分岐、あるいは伝送路へ光信号を挿入する光伝送装置と、該光伝送装置から分岐された光信号を受信し、該光伝送装置に挿入すべき光信号を送信する装置とからなる光ネットワークにおいて、該装置の受信側、1波選択用AOTFに所定のRFF周波数を印加し、1波選択用AOTFが安定化されたことを確認した後、2波選択用AOTFに所定のRFF周波数を印加し、該光伝送装置の分岐・挿入用AOTFに所定のRFF周波数を印加して所定の光信号を分岐し、光スベクトル

モニタで所定の光信号が分岐されたことを確認した後、
12 該端局の1波路入用AOTFに所定のRFF周波数を印加し、1波路入用AOTFの動作が安定し、且つ、光スベクトルモニタで監視した入射すべき光信号が所定の光波長と光パワーになるように制御した後、該端局の光送信器を駆動するシーケンス処理を有することを特徴とする。

【0027】本発明の更に他の側面における光伝送システムは、1波以上の光波長に送信信号を光強度変調して送出し、光増幅多中継伝送する光伝送装置、および、該光伝送装置に伝送路途中に伝送信号光の分岐、挿入・抽出、挿入・抽出を有する光伝送システムにおいて、送信部で送信信号に光位相変調もしくは光周波数変調する手段を有し、該変調手段のチャージングパラメータの符号が正である送信器を有し、送信器と伝送路の間、伝送路と受信器の間に伝送路の波長分散特性を補償する分散補償手段を配置したことを特徴とする。

【0028】本発明のAOTF制御装置は、表面弾性波の作用を使って所望の波長の光信号を波長多重光信号の中から選択分岐、あるいは選択挿入するAOTFにおいて、該AOTFの形成されている基板の表面であって、AOTFの近傍に共振器を形成し、該共振器の共振周波数の変化を検出することにより、該AOTFの表面周波数を制御し、該制御結果に基づいてRFF信号を制御して、該AOTFの動作を安定化させることを特徴とする。

【0029】本発明によれば、任意の波長を印加する電気信号の周波数を変えることで、選択することができAOTFをアド・ドロップシステムに使用したことで、よりシステムを構成する回路の動作が軽くなり、安定で信頼性の高い、OADMシステムを構成することができ

る。

【0030】

【発明の実施の形態】図1は、AOTFを用いたOADM装置の基本的作用を示す図である。同図では、AOTF10に波長1～λnの波長多重光信号が入力され、8波がアド・ドロップされる場合を示している。もちろん、アド・ドロップする波長の数はこれに限られたものではない。

【0031】AOTF10による光波長の選択は、ドロップしたい波長に対応するRFF信号（電気信号）を印加することによって行う。同図の場合、AOTF10には、波長1～λnの波長多重光信号が入力されている。そして、AOTF10には、波長1～λnに対応する周波数1～fnまでのRFF信号のうち、8つが印加される。

【0032】AOTF10に印加されたRFF信号の周波数に対応する波長の光信号は、AOTF10のドロップポートに出力され、光アンプ20によって増幅された後、8×1カプラ11に入力される。ここで、カプラが8×1構成となっているのは、ドロップされる波長が

OETF10の選択帯域をはずすおかげ、ASEがスルー光信号の帯域外に挿入されることになるので、スルー光信号のSN比の劣化には直接には影響しなくすることが出来る。図2は、実際のAOTFを使用してOADM装置を構成する場合の基本構成例のブロック図である。

【0037】同図に示すのは、AOTFを光信号のドロップのみに使用する構成である。入力側から入力された光信号は、光アンプ30で伝送路の損失の補償のために増幅され、1段目のAOTF31に入力される。1段目のAOTF31では、ドロップすべき波長の光信号の内の一の一部のみをドロップする。そして、1段目のAOTF31をスルーした光信号は、2段目のAOTF32に入力されて、ドロップすべき残りの波長の光信号をドロップする。このようにして、ドロップされた光信号は、カプラ35で合波されると共に、受信器ORの波長だけ分岐される。このとき、AOTF31のドロップポート側には、光アプテネータ38が設けられており、AOTF32からドロップされた光信号のレベルとAOTF31からドロップされた光信号のレベルをほぼ同じにしてカプラ35に入力するように構成される。これは、AOTFがロスが大きくなり、AOTFを1つだけ通過した光信号と2つ通過した光信号とではレベルに大きな差が生じてしまうからである。もし、レベル差があるままドロップ光信号を送出すると、受信側で、あるいは受信側に届くまでに光アンプで増幅しようとしても、レベルの低い光信号がうまく増幅されず、受信側で信号を正しく受信できなくなってしまう。このようにして、ドロップされた光信号はAOTF等の波長選択フィルタ37によって所望の波長が選択され、受信器ORで受信される。

【0038】また、AOTF31、32からドロップされた光信号を一旦合波するカプラ35には、別の出力ポートを付けておき、この出力ポートからの光信号をスベクトルモニタ39に入力して、ドロップ光信号の有無や、各光信号の波長やパワーを監視するようにする。【0039】2段目のAOTF31、32をスルーした光信号は、ドロップされない波長の光信号のみを含むおり、OADM装置のスルー光としてカプラ33に入力される。光送信器OSからは、AM変調された各波長の光信号（ドロップ光信号の波長と同じ波長）がカプラ36で合波され、アド光信号としてカプラ33に入力され、このようにして、カプラ33に入力されるスルー光とアド光は互いに合波され、光アンプ34で増幅されて、伝送路に出力される。

【0040】同図の構成例において、1段目のAOTF31と2段目のAOTF32とを使ってドロップすべき全ての光信号をドロップするのは、AOTFの波長選択特性によるものである。すなわち、AOTF31はRFF信号が印加されたときの波長選択特性の幅が広く、1T U-T G、692動着ドラフトで規定されている0、

8nm間隔の波長の隣り合う光信号を1つのAOTFでドロップしようとすると、クロストークが発生してしまい受信側で受信できなくなってしまう。そこで、実際に、1つのブロックで示されているAOTF31、あるいは、32は、1つの基板に直列に3段のAOTFがモノリシックに形成されたものを使用している。このようにすると、波長選択特性の幅を狭くすることができ、これでも十分ではない。そこで、更に、AOTFを2段に設け、1段目では、例えば、光信号の波長を端から順番に番号を付けた場合に、偶数番目あるいは、奇数番目の波長の光信号のドロップのみを担当するようにする。そして、2段目では、1段目ではドロップされなかった、奇数番目あるいは偶数番目の波長の光信号のドロップを担当するようにする。このように構成することによって、隣り合う2つの光信号をドロップする場合にも、波長間隔が最低でも1、6nmとなるので、AOTFの波長選択特性でも十分クロストークを少なくすることができ、

【0041】また、同図の構成では、アド光信号は、AOTFを介さずに、直接カプラ33で合波するようにしている。前述したように、AOTFでは、ドロップした光信号の波長と同じ波長の光信号をアドする機構を有しているが、AOTFにアドとドロップの両方の機構を組むと、ドロップ側にアド側の光が漏れり込んでクロストークを生じしてしまう。特に、この場合、アド光とドロップ光の波長が同じコヒーレントクロストークなので、クロストークによって生じる、ビート成分が大きくなり、ドロップ側で正常に光信号を受信することができなくなってしまう。アド光は、対応する波長がスルー光から抜かれており、その間いているグリッド（光信号の波長の設定位置）に合波されれば良いので、同図のように、スルー光にカプラで合波する構成を採用する。

【0042】なお、同図では、AOTFを2つ用いて、ドロップすべき光信号の全てを分岐する構成を示したが、必ずしも2つに限られるものではなく、2つ以上のAOTFを用いてもよい。このように、多くのAOTFを用いると、1つのAOTFでドロップすべき光信号の内、互いに波長の値が最も近い光信号間の波長間隔を広げることができるので、クロストークをより減少させることができる。

【0043】図3は、AOTFを使ったブロードキャスト・機組対応のOADM装置の構成例を示すブロック図である。同図(a)に示されるように、入力側から波長1～λnが波長多重重されて送信されてくる。これを光アンプ40で増幅し、カプラ41に入力する。カプラ41では、入力した光信号を2つに分岐し、1つはAOTF42に入力し、もう1つはドロップして、トリビュタリ局のカプラ46に入力する。カプラ46に入力された光信号は、カプラ46で分岐される。分岐する数は、ドロップ光として使用される波長の数でも、全波長数でも

よい。カプラ46で分岐された光信号は、波長λ1～λnまでの波長の光信号を含んでいるので、この中からドロップ光として使用する波長の光を波長選択フィルタ48で選択して、抽出する。

[0044] 一方、AOTF 42に送られた光信号は、波長選択フィルタ48で選択された波長をAOTF 42で選択し、選択ポートに出力させる。選択ポートはここで接続されておらず、選択された光信号は捨てられることになる。AOTF 42の後段にもAOTF 43が設けられているのは、図2で説明したように、一方のAOTFでドロップすべき波長の光信号の一部をドロップし、他方で残りの波長の光信号をドロップしようとするものである。このようにすることによって、波長選択におけるクロストークを低減することができる。

[0045] 2段のAOTF 42、43を通過したスルー光はカプラ44に入力され、アド光と合波される。アド光は、図2で説明したのと同様に、光源からの光を波長選択フィルタ49で所望の波長の光を選択し、次に変調器50で変調してカプラ47に入力される。カプラ47で合波されたアド光はカプラ44に入力され、スルー光と合波されて、光アンプ45で増幅され、伝送路に送出される。

[0046] なお、ここでは、アド光信号は、光源からの光を波長選択フィルタ49で選択した後変調器50で変調をかける構成を示したが、光源からの光に変調をかけ、後に波長選択しても同様にアド光信号を生成することができ。

[0047] 同図 (b) は、ブロードキャスト機能を説明する図である。同図 (a) のOADM装置が同図 (b) のように伝送路で接続されている場合、波長λ1の光信号をOADM1～3でブロードキャストしたいとする。OADM1では、波長λ1をドロップし、AOTFでは波長λ1を選択せず、また、波長λ1のグリッドに光信号をアドしないようにする。すると、波長λ1の光信号はOADM1をスルーし、次のOADM2に入力される。OADM2でも波長λ1の光信号をドロップし、AOTFでは波長λ1を選択しないようにする。すると、同様に波長λ1の光信号はOADM3に伝送される。OADM3では、波長λ1をドロップすると共に、AOTFで波長λ1を選択し、波長λ1の光信号を破壊する。これにより、OADM3から出力される光信号は、波長λ1の新しい光信号がアドされない限り、波長λ2～λnまでが多重化された光信号となる。

[0048] このように、同図 (a) の構成によれば、OADM1～3に波長λ1ののった同じ光信号をドロップすることができ、ブロードキャスト通信を行いたい場合に容易に実現できるという利点がある。

[0049] 図4は、OADM装置内のAOTF及び伝送路の冗長構成を示す原理的図である。同図 (a) は、OADM内のAOTFの冗長構成を示している。

[0057] AOTFは、後述するように、入力光信号のTEモードの光とTMモードの光とを表面弾性波(SAW)との相互作用により、所定の波長の光信号のモードを変換し、出力ポートを変換するものである。ここで、AOTFは一般に、ニオブ酸リチウム等の複屈折性を持つ材料で構成されており、何の作用も受けないスルーする光信号のTEモードとTMモードとの間に伝搬速度の違いを生じる。このとき生じる時間差は、AOTFの1つのデバイスが3段構成になっているとした場合(後述)、50ps程度となる。ところで、本実施形態のOADM装置は、10Gbpsの伝送速度を有するシステムに使用することが望まれているが、10Gbpsの場合、1つのビットに与えられるタイムスロットは100ps程度である。従って、AOTFをスルーすることによって受ける個体モード分散は、1タイムスロットの50%程度のずれを異なるモード間に引き起こすた

め、このままでは、光信号を正常に受信することができなくなってしまう。従って、ここでは、1つのAOTFを通過する毎に個体モード分散補償を行うようにして、個体モード分散を補償する方法としては、やはり個体モード分散を有するPANDAファイバ等の軸をAOTFの軸に直交させるように接続する。このようにすれば、AOTF内で速く伝播していたモードはPANDAファイバ内で遅く、AOTF内で遅く伝播していたモードはPANDAファイバ内では速く伝播することになる。AOTFの個体モード分散を補償するために必要なPANDAファイバの長さは、AOTFの特性や、使用するPANDAファイバの特性にも依存するが、約20mである。

[0058] 一方、波長選択された光信号、すなわち、ドロップ側の光信号の場合には、AOTFの内部で、SAWとの相互作用により、TEモードで入ってきた光信号はTMモードに変換されながら伝播し、TMモードに入ってきた光信号は、TEモードに変換されながら伝播するので、TEモードで分散を受ける時間とTMモードで分散を受ける時間が等しくなる。従って、成功、TEモードで入力された光も、TMモードで入力された光も、AOTF内部を伝播している間に、TMモードとTEモードとにそれぞれ変換されるため個体モード分散は生じない。

[0059] 個体モード分散補償器PMDを通過した光信号は、光増幅器TFAに入力され、増幅媒体によって光信号が増幅される。AOTF1を通過してきた光信号は、AOTFのロスのためパワーが弱くなっており、AOTF2に入力してドロップされる光信号と、AOTF1でドロップされた光信号との間にレベル差が生じ、また、これを補償する必要がある。例えば、AOTF1つのロスは10dB程度である。光増幅器TFAで増幅された光信号はAOTF2で、例えば、新数番目の波長の光信号が分岐され、残りの光信号はス

チモニタ部のスイッチは、入力する光信号を順次切り替えて、スペクトルアナライザSAUに光信号を送り、各段所で各スペクトル線の線形を解析し、モニタするために設けられている。スペクトルアナライザSAUはスペクトルアナライザコントローラSAU CNTによって制御される。スペクトルアナライザSAUは、順次切り換えられ、入力される光信号を解析する作業と並列的に解析結果のデータを出し、スペクトルアナライザコントローラSAU CNTで処理を受け、不図示の制御線に制御信号が伝送される。あるいは、オペレータが向き、スペクトル線の線形を直接モニタすることができるようにも構成される。

[0054] 光増幅器ILAの前段の増幅媒体で増幅された光信号は、伝送路での分散を打ち消すために、分散補償ファイバDCFが入力される。この後、更に、後段の増幅媒体に入力され、パワーの大きくなくなった光信号がOADM装置に入力される。なお、光増幅器の後段の増幅媒体に接続されているBSTは、プースタと呼ばれ、増幅媒体、例えば、エルビウムドープファイバに光増幅を行うための励起光を供給するものである。

[0055] 光増幅器ILAで増幅された光信号は、前述した冗長化のためのスイッチ部PSW1に入力される。このスイッチ部PSW1の詳細は省略する。スイッチ部PSW1を通過した光信号は、次に、チューナブルフィルタモジュールTFMに入力される。チューナブルフィルタモジュールTFMの入力には、光モニタが設けられている。これは、モジュール間がちゃんと接続されているか否かを監視するためのものであり、入力した光信号のパワーを抽出して、不図示の制御部に通知する。不図示の制御部は、このモニタ結果を解析して、モジュールが正常に接続され、光信号が来ていのか否かを判断する。例えば、モジュールが外れている場合など強度の強い光が漏れている場合には、側に人がいると、その人に危険が及ぶので、光スイッチを切るなどの処置をする。このような光モニタはチューナブルフィルタモジュールTFMの出力側にも設けられており、基本的に同じ役割をなすものである。

[0056] 光モニタを通過した光信号は、AOTF1に入力される。AOTF1は、チューナブルフィルタモジュールTFDのコントローラCNTからの制御信号によって、制御される。すなわち、コントローラCNTからの制御信号は、RFF信号を生成する回路(図5では、増幅器とPLL回路からなっていることが示されている)に印加され、このようにして生成されたRFF信号がAOTF1及びAOTF2に印加される。AOTF1では、前述したように、例えば、偶数番目の波長の光信号が選択され、図5の上側のポートに出力される。AOTF1をスルーした光信号は、個体モード分散補償器PMDに入力される。

ルーしていく。
【0060】AOTF1とAOTF2で分岐されたドロップすべき光信号は、2×2カブラで合波され、再び光増幅器TFAで増幅され、トリビュタリ局へと送信される。一方、2×2カブラ1のもう一方のポートからは、光アナライザを介して光ススペクトルモニタ部のスペクトルアナライザSAUに入力され、ドロップされた光信号の波長及びパワーが所定の基準を満たしているか否かが検出される。

【0061】AOTF2をスルーした光信号は、前述したように、偏波モード分散補償器PMDに入力され、偏波モード分散が補償された後、光モニタ部を介してスイッチ部PSW2の2×2カブラ2に入力される。スイッチ部PSW2の2×2カブラ2には、アド光信号も入力される。アド光信号は、光増幅器PWA1で増幅され、トリビュタリ局からの伝送ロスによる損失が補償される。更に、分散補償ファイバDCFによる分散が補償され、2×2カブラ2に入力される。2×2カブラ2で合波されたスルー光信号とアド光信号は、冗長化のためのスイッチを介して、光増幅器PWA2に入力され、プースタBST3、4からの励起光により増幅され、カブラで分岐される。大部分の光信号は、カブラから伝送路に出力されるが、一部は光ススペクトルモニタ部に送られ、波長ずれや各波長の光信号のパワーが解析される。光増幅器PWA2による光信号の増幅は、OADM装置全体を通過することによるロスを補償するためのものである。

【0062】図6は、図5のOADM装置を使ったシステムにおけるトリビュタリ局の構成例を示した図である。チューナブルフィルタモジュールTFMでドロップされた光信号は、トリビュタリ局の波長分波器で各波長に分岐される。同図の場合、波長λ1～λ32までの既存光ネットワークの光電気変換部OEで受信された電気信号に変換された後、当該ネットワーク用の信号、例えば、1波長ネットワークの場合には、そのネットワークで使われている波長の光信号に変換され、伝送される。一方、既存光ネットワーク等の信号出力部では、電気光変換部EOで電気信号が図5でドロップされた光信号の波長λ1～λ32に変換されて、送出される。これらの光信号は、アッテネータで相対的レベル調整が行われ、合波器で合波されて、図5のOADM装置に入力された光信号として送出される。

【0063】なお、同図では、ドロップ光信号の波長は32個あり、この32個の波長全てが使用されているように示されているが、システムの構築当初では、これらの波長全てを使用する必要はなく、一部の波長のみを使用してもよい。この場合、図6のチューナブルフィルタモジュールTFMでドロップされる波長も32波以下に設定される。

ある。これは、AOTFの波長選択特性の半値幅が比較的広いので、クロストークをできるだけ小さくされている処置である。

【0069】AOTF2をスルーした光信号は、再び、偏波モード分散補償器PMDによって偏波モード分散が補償されてから、光モニタ部を通してスイッチ部PSW2の2×2カブラ2に入力され、アド光信号と合波される。同図の場合、ドロップ光の波長が4波であるので、アド光信号の波長も4つの同じ波長を使用する。

カブラCPL4には、1×8カブラが設けられており、将来のアップグレードに対応できるように構成されているが、現在使われているのは1～4番のポートのみである。カブラCPL4で合波された各波長のアド光信号は、光アンプPWA1で増幅され、分散補償ファイバDCFで分散が補償されてから、スイッチ部PSW2の2×2カブラCPL2に入力される。そして、スルー光とアド光が合波され、プロテクションスイッチ（使用、予備を切り替えるスイッチ）を通過して、OADM装置の出力側の光アンプ部PWA2に入力される。そして、光アンプ部PWA2に入力した光信号は、励起光源DST

3、BST4からエネルギーを与えられて、パワーが増幅された後、カブラCPLを介して伝送路に出力されていく。なお、カブラCPLで分岐された一部の光信号は、スペクトルアナライザユニットSAUに送られ、OADM装置から出力される光ススペクトルの状態が解析され、OADM装置が正常に動作しているか否かのモニタに使用される。

【0070】図8は、トリビュタリ局のアド光送信側の構成を示す図である。アド光信号送信部は、レーザバ

ンクと光変調部及び不図示の電気ADM装置（EADM）からなっている。送信すべきデータは電気ADM装置から電気信号として送信されてきて、レーザバンクからの光を変調する駆動信号として使用される。

【0071】レーザバンクは、複数の互いに異なる波長の光を出力するレーザダイオードからなっており、これらがレーザダイオードユニットLDU#1～#4に収納されている。ここでも、障害発生時に対応するため冗長化がなされており、レーザダイオードユニットLDUは、現用（Work）と予備（Protection）とが用意されている。また、アドする光信号の波長が1～32のいずれ

の波長にも変更可能なように、異なる波長を出力するレーザダイオードが32個設けられている。これらのレーザダイオードから出力される光は、合波器で合波されて、1～32の波長の光が波長多重化された光を生成する。レーザダイオードユニットが冗長化されているのに対応して合波器も現用と予備が設けられている。

【0072】合波器から出力された光は、光アンプ部で増幅される。光アンプ部も冗長化されており、光アンプ部の構成は、増幅媒体を2つ設け、その間にアッテネータを挟んだようになっていて、これは、間にアッテネー

タを入れることによって、後段の増幅媒体への光の入射強度を調整する作用を得るものである。増幅媒体で増幅された光信号は、カブラCPLで一般に分岐されて、カブラCPL3に入力される。分岐された光信号は、スペクトルアナライザユニットSAUに入力される。スペクトルアナライザユニットSAUの構成は、スペクトルアナライザコンントローラSAUCNTと、これに制御されるスペクトルアナライザSAUとからなっており、カブラCPLはシステムのオペレータが手動でレーザバンクからの出力光の強度を調整する場合に必要な出力光を光モニタポートに出力するものである。スペクトルアナライザユニットからの解析結果は略記されているレーザダイオード制御部LDCに送られ、レーザダイオードを制御するのに使用される。同図に示するように、スペクトルアナライザユニットSAU及びレーザダイオード制御部LDCも冗長化されている。

【0073】このように、異なる波長のレーザダイオードを複数用意し、これらの光を合波して使用するの、別途波長を可変できるレーザが非常に不安定で、波長が精密に安定している必要のある光通信においては、十分な機能を得られないからである。

【0074】複数のレーザダイオードから出力された光を合波したものは、光増幅器で増幅された後、カブラCPL3の1×8カブラに入力される。1×8カブラでは、入力された光をアド光信号の波長として使うだけ分岐し、光変調部に送る。今の場合、アド・ドロップする光信号の波長は4つだけであるとしているので、実際に光接続されているのは、1×8カブラの4つのポートのみである。残りのポートは反対方向の通信回線用に設けられている光変調部（不図示）に光を供給するために使用される。

【0075】1×8カブラの出力ポートに接続されたファイバは、アドする光信号の波長分岐けられた変調器を有する光変調部に送られる。同図では、内部構成は、1つについてのみの記載となっているが、実際には、同じ構成の変調装置が4つ設けられている。レーザバンクから送られてきた光は波長選択部TFR1の前後のAOTFで、まず、アド光として使用する波長の光が選択される。この選択された波長の光は変調器部の変調器Mod

に入力される。一方、電気ADMからは、所定の波長の光信号としてデータが送られてきて、受信器ORで受信され、電気信号に変換される。この電気信号は分配器で分岐され、デジタルプリッププロセッサDPPFと電気増幅器を介して変調器Modに印加される。変調器Modは、この電気信号の印加を受けて、波長選択部の前後のAOTFで選択された波長の光信号を変調し、出力する。変調された光信号は1×2カブラで分岐され、一方がコントローラで検出され、所望の変調が行われているか否かが確かめられる。この検出の結果は、電気増幅器にフィードバックされ、変調器Modが安定して動作す

長を選択するようにする。AOTFはチューナブルフィルタドライバTFDによって駆動される。OADM装置でドロップされた光信号は、全て2段のAOTFによって選択されるので、2段目のAOTFのスルーポートには、原理的にノイズ以外の光信号は出てこない。従って、2段目のAOTFのスルーポートから出力される光は純粋である。その他の構成及び、動作は、OADM装置のAOTFによる光信号のドロップのための構成及び動作と同じなので、説明を省略する。

【0095】このようにして、選択された波長のドロップ光信号は、2×2カプラで合波され、増幅されて、次の波長多重ネットワークに送信される。尚、前述の通段、次段のネットワークがドロップされたままの光信号の波長をポートしない、あるいは、別の光信号を使用している場合には、波長変換して次段のネットワークに送信する。

【0096】図13は、アド光信号を生成するための光を供給するために使用されるレーザバンクの構成及び概念を説明する図である。任意波長型のOADMシステムを構築するためには、任意の波長の光信号をドロップできるだけではなく、対応する任意の波長の光信号をアドできなくてはならない。そのためには、トリビュター周回で任意の波長の光信号を生成できなくてはならないので、波長を任意に変えることのできる光源が必要である。しかし、現在光源として広く使われているレーザダイオードは、波長を変えることが難しい、というのも、もともとレーザというものは、発光媒体を反射鏡で挟んで、反射鏡間で光を往復させる間に強度の強い光を放出する、という構成をとっており、発振波長はこの発光媒体の特性と、反射鏡間の光学的距離に依存する。特に、同じレーザで異なる波長を発振させようとする場合には、反射鏡間の光学的距離を変えなくてはならないが、この方法があまりないというのが現状である。現状考えられる光学的距離の変更の仕方では、反射鏡の位置を機械的に移動させるか、温度を上下して、発光媒体の屈折率を変化させるというぐらいである。反射鏡を機械的に動かすのは、レーザが可動部を有することになるので、反射鏡の位置が狂いやすく、安定したレーザ発振を行うことができない。また、温度を上下して波長を変化させる場合には、レーザの構成に可動部がないので、安定した発振はできるが、温度上昇などによる波長の変化が小さいので、波長多重システムのグリッド全体をカバーすることはできない。

【0097】そこで、本実施形態では、使用の可能性のある全ての波長を発振波長とする個々のレーザダイオードを用意しておき、これらが発振するレーザ光を束ねて1つの光とし、これを様々な所に使用することとした。

【0098】レーザバンクの構成は、同図に示されている通りであり、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ をそれぞれ発振波長とする

レーザダイオード139を設け、それぞれに発振させる。それぞれが発振する波長は、スペクトルモニタ133で監視され、予め定められている基準波長値と比較し、ずれが生じた場合には、発振波長にずれの生じたレーザダイオード1399の駆動電流あるいは温度を調整して、発振波長が所定の値になるように調整される。

【0099】各レーザダイオード1399が発振する光信号は、合波器138で合波され、1つの光とされる。そして、光アンプ136で増幅され、分配器131で必要数だけ分岐される。

【0100】この光を使用する場合には、AOTF等のチューナブルフィルタ132、あるいは、使用する波長が固定されているのであれば、選択波長の固定されているバンドパスフィルタ等で必要な波長をレーザバンクからの光から抽出し、外部変調器135で変調をかけ、光アンプ137で増幅して送出する。

【0101】このように、複数の波長の異なる光源の光を合波して、これを利用するようにすれば、光源の発振している波長の光であれば、どの波長であってもフィルタで抽出して使うことができる。特に、波長分割多重通信システムでは、各チャネルの光信号の波長がITU-Tの勧告で規定されているので、それ以外の波長を任意に使用することはないと考えてよいので、レーザバンクを使用すれば十分である。

【0102】図14～図20は、OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図である。なお、図にはAOTFが1つしか記載されていないが、前述したようなAOTFを2つ用いる場合も同様である。

【0103】図14は、OADM装置を含むOADMシステムの初期状態を示している。入力側から例えば、32波の波長多重光信号が送信されてきた場合に、まだ、システムが稼働する前は、光信号がどこにも出力されない状態が好ましい。そこで、OADM装置のAOTF140は、32波全ての波長を選択するように、RFR信号発振器からRFR信号をAOTF140に印加する。すると、入力側から入力された32波全ての波長はドロップされてしまい、スルー側(出力側)には光信号が出力されない。従って、32波全ての光信号は、トリビュター周回へ送信される。トリビュター周回では、送信されてきた光信号を光カプラ142で分岐し、各波長の光信号を選択するAOTF143に送る。通常動作時では、AOTF143は、ドロップすべき波長を選択するのであるが、初期状態では、AOTF143に入力側から伝送されてきた32波の光信号からは、漏れ光等が生じない程度に十分離れた位置を選択波長とするようなRFR信号を入力する。このようにすれば、32波の内、AOTF143で選択される波長がないので、このように、システムに送信される光信号は存在しない。

【0099】レーザバンクの構成は、同図に示されている通りであり、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ をそれぞれ発振波長とする

【0104】なお、AOTF143は、常に1波長を選択するためのRFR信号が印加されるので、光信号を選択しない場合にも、32波以外の場所を1つ選択するようなRFR信号を印加しておく。これにより、AOTF143に印加されるRFR信号のパワーが光信号を選択する場合同じになり、AOTF143の動作を安定化させることができる。

【0105】図15は、OADM装置によるドロップが行われない場合のAOTFの制御方法を示している。スルーする場合には、AOTF140には、32波の波長10以外の場所を選択波長を設定するようなRFR信号をRFR信号発振器141で生成して、印加するようにする。RFR信号は光信号は選択しないが、32個の波長を選択するような32個の周波数からなるRFR信号が印加される。これは、図14のとき、AOTF140に32波分のRFR信号が印加されていたので、AOTF140の特性をあまり大きく変えないようにするため、わざと32個の周波数のRFR信号を印加しているのである。

【0106】これにより、32波全ての光信号はスルー側(出力側)に送信される。トリビュター周回には、20波の光信号がドロップされない、したがって、光カプラ142にも光信号は入力されないが、AOTF143には、32波以外の波長位置を選択するようなRFR信号を印加しておく。このRFR信号は1波のみを選択するような、1個の周波数からなるRFR信号である。これは、前述したように、AOTF143の動作が、RFR信号のパワーの変化によって変わってしまわないようにするためである。従って、光受信器144では光信号は検出されない。

【0107】図16は、OADM装置でドロップはしないが、入力される光信号が波長毎に異なるパワーを有している場合のAOTFの制御方法を説明する図である。なお、同図では、波長が $\lambda_1 \sim \lambda_{32}$ に行くに従ってパワーが大きくなる、いわゆる、チャルトが起きている場合のみを示しているが、各波長のパワーが全くバラバラでも同じ作用を得ることができる。

【0108】すなわち、AOTF140に印加されるRFR信号のパワーの違いにより、ドロップされる光信号のパワーも異なってくるので、RFR発振器141からは、パワーの大きい波長の光信号をより多くドロップするようにし、パワーの小さい波長の光信号はより少なくドロップ、あるいは、全くドロップしないようにする。このようにすることによって、スルー側(出力側)に出てくる光信号のパワーが揃って出てくるようになる。一方、トリビュター周回には、AOTF140に入力された時のパワーに応じた量のドロップ光が得られることとなる。この光は、光アンプで増幅されたり、光カプラ142で分岐されるが、AOTF143の選択波長を32波の波長域から十分離れた位置に設定することにより、AOTF143からは光信号が出力されない。従って、光

受信器144では、光信号を受け取ることが無く、ドロップ動作は行われないことになる。

【0109】このように、AOTF140を波長をドロップする為だけに使うのではなくて、波長毎のパワーの違いをなくすために使用することによって、システムの伝送品質の向上に役立てることができる。

【0110】なお、AOTF140には、常に32個分の波長を選択するための32個の周波数のRFR信号を印加するようにしておき、AOTF143には、1波のみを選択する為の1個の周波数のRFR信号を印加するようにしておく。これにより、AOTF140及び143の動作を波長を選択するか否か、あるいは、選択する波長の数によらず、安定させることができる。

【0111】なお、上記した波長毎のパワーの違いを補低する動作は、制御CPUを設けておいて、ソフトウェアで行うようにしてもよい。図17は、OADM装置でドロップを行う場合の各AOTFの制御方法を説明する図である。

【0112】ここでは、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_{32}$ の内、 λ_2 と λ_{32} のみをドロップする場合を考える。入力側から32波の光信号が入力されると、AOTF140には、波長 λ_2 と λ_{32} とを選択するようなRFR信号が印加されると共に、AOTF140の動作を安定化させるために、32波の光信号の波長から十分離れた位置に30波を選択するような30個の周波数のRFR信号をRFR信号発振器141で生成して、印加しておく。これにより、AOTF140に印加されるRFR信号は32波分を選択するものとなるが、実際にドロップされる光信号は波長 λ_2 と λ_{32} のみである。残りの波長の光信号はスルー側(出力側)へ送出される。

【0113】ドロップされた波長 λ_2 と λ_{32} は、トリビュター周回へ送られ、光カプラ142で分岐され、AOTF143に入力される。AOTF143は、1波のみを選択するように1波のみを選択するための1つの周波数のRFR信号が印加される。AOTF143の一方は、波長 λ_2 を選択し、もう一方は波長 λ_{32} を選択する。このようにして、光受信器144の一方では、波長 λ_2 の光信号が受信され、もう一方では、波長 λ_{32} の光信号が受信される。

【0114】このように、AOTF140と143には、常に同じパワーのRFR信号を印加するようにしておき、AOTFの動作の安定を図る。また、波長多重された光信号間のパワーの違いを抑える働きも持たせることができる。

【0115】図18は、トリビュター周回での選択波長のトラッキングについて説明する図である。OADM装置のAOTF180からドロップされた光信号は光カプラ181でドロップされた波長数分(同図では4波)に分岐され、AOTF182で各波長が選択される。しかし、温度変化やRFR信号の周波数のずれなどにより、

ドロップされた光信号の波長とAOTF182の選択波長とがずれることがある。従って、AOTF182で選択された光信号を監視し、光信号の波長とAOTF182の選択波長とを一致させる必要がある。そこで、AOTF182の後段に例えば、10:1カプラ183を設け、大半を光受信器で受信すると共に、一部をフォトダイオードPD185でパワーを検出して、その結果をトラッキング回路186に送るようする。トラッキング回路186では、AOTF182に印加するRF信号の周波数を適かに変えて、あるいは、AOTF182に印加するRF信号のベースの周波数に低周波成分を重畳し、PD185で受信される光信号のパワーの変化を検出し、各PD185で受信する光信号のパワーが最も大きくなるように制御する。これは、RF信号の周波数を大きくし、中心の周波数のとき光信号の受信パワーが小さくなれば、中心の周波数のとき光信号の受信パワーが最大であることを示す。トラッキング回路186では、このような状態を検出するようにRF信号を調整し、トラッキングを行う。

[0116] 図19は、OADMシステムのアOTFの全体の制御を示す図である。同図で、図18と同じ番号のついていいるものは同じもののなで詳しい説明を省略する。

[0117] OADM装置のアOTF180でドロップされた光信号が光カプラ194で分岐され、1×4光スイッチを介して光スペクトルモニタ192に入力される。これは、OADM装置のアOTF180が光信号の波長を選択する場合に、適切に、ドロップすべき光信号の波長にマッチした動作を行っているか否かを検出するためのものである。すなわち、ドロップすべき光信号の波長とAOTF180の選択波長特性とがずれている場合には、ドロップすべき光信号のスペクトルを完全にドロップすることができず、光信号に波形状化などを引き起こして好ましくないもので、AOTF180に印加するRF信号の周波数とパワーを制御するためである。光スペクトルモニタ192の解析結果は、OADM装置制御CPU193に入力され、AOTF180が適切に動作するようにRF信号の制御信号が出力される。

[0118] また、図18で説明したトラッキング回路186もOADM装置制御CPUと情報を交換し、AOTF182を適切に動作するように制御する。トリビュタリ局のア光信号生成部では、LDバンク202から出力された光が、光カプラ201によって分岐され、AOTF200によって波長選択されるが、この波長選択も適切に行われているか否かを監視し、AOTF200を制御するために、光カプラ199で光を分岐し、PD198で受光して結果をトラッキング回路203に入力する。トラッキング回路203はOADM装置制御CPU193と情報を交換しながら、図18で説明した処理と同様の処理により、AOTF200をトラッキングする。光カプラ199から出力された光は、光変調器197によって変調され、次段で増幅された後、AOTF196で波長選択を受ける。このAOTF196は、AOTF200と同じ選択波長を有する必要があるため、トラッキング回路203が得た情報をOADM装置制御CPU193が取得し、直接AOTF196に印加されるRF信号を制御する。これにより、AOTF196と同じ波長の光信号を適切に選択することができる。AOTF196で合波され、途中分散補償ファイバで分散補償されて、AOTF180をスルーした光信号と光カプラ190で合波される。

[0119] アド光信号が合波された光信号は、増幅されると共に、アド光信号が正常にアドされているか否かを検出するために、光カプラ191で分岐され、1×4光スイッチ204を介して光スペクトルアナライザ192で解析される。この結果は、OADM装置制御CPU193で制御信号生成に使用され、AOTF180やAOTF196、あるいは、トラッキング回路203を介してAOTF200を制御する。

[0120] 1×4光スイッチ204からは、逆方向伝送用のOADM装置及びトリビュタリ局からの光信号も入力され、順次切り替えて光スペクトルモニタ192に出力されるようにしている。これは、光スペクトルモニタ192が高感度で、且つ、大型であるため、各所にそれぞれ設けるのはコスト的にも小型化にも好ましくないからである。そのかわり、光スペクトルモニタ192は、光スペクトルの解析とデータの送受信を並列に行うことができるように構成されており、1つの光信号のスペクトルの解析が終わったら、データの送受信を待たずに、次の光信号のスペクトルの解析を始めることができるようになっている。通常、光スペクトルモニタ192においては、光信号のスペクトルの解析とデータの送受信が同じ位の時間だけかかるので、データの送受信を待ってから次の光信号の解析を始めるのは測定時間を長く引かせ効率的でない。そこで、1×4光スイッチ204を、光スペクトルモニタ192が光信号のスペクトル解析が終わったから、次の光信号に切り替えるように制御する。

[0121] なお、OADM装置制御CPU193は、内部にROMを持ち、AOTF180がドロップする時に、AOTF180に印加するRF信号のデータ、スループット、RF信号データなど複数のRF信号の印加状態を蓄積しておく。このROMのデータを用いてAOTF180に印加するRF信号の乗算周波数の設定値を変更することで、同時に所定のRF周波数とパワーを印加することを可能としている。

[0122] AOTFの全体制御において、動作シーケ

ンスは以下のようにする。すなわち、AOTF182を最初に駆動し、動作が安定したら、次にAOTF180を駆動する。AOTF180の動作が安定したら、光受信器184でドロップ光信号を受信する。次にAOTF196、200を駆動し、動作が安定したら、光変調器197を駆動し、アド光信号を送出する。

[0123] 図20は、AOTFへのRF信号の印加の仕方を説明する図である。AOTFに突然RF信号を印加すると、対応する光信号が突然選択され、出力される。ところで、AOTFはロスが大きいため、通常AOTFの後段に光アンプが挿入される。この構成において、AOTFが突然光信号を選択し、光アンプに急いで度の大きい光が入力されると、光アンプ現象が起きてしまう。これを防ぐためには、光アンプに入力される光が50～60msの時間をかけて立ち上がる必要がある。そこで、RF信号のパワーを50～60msかけて徐々にいっばいのパワーまで上げるようにする。このようにすれば、AOTFで選択される光のパワーはRF信号のパワーに一对一に対応する。RF信号の立ち上がりとして、アナログ的に滑らかに上昇させる方法もあるが、デジタル制御することを考え、50～60msをn(nは自然数)ステップに分けてRF信号を上昇させるようにする。nは、設計時に回路をできるだけ単純化しなげら最も効果を得られるように設定されるべきものである。

[0124] 以上説明したような、AOTFを用いたOADMでは、次のようなアップグレードが可能である。即ち、OADMの初期導入時には、アドするチャネル(波長)及びドロップするチャネル(波長)を固定しておき、チャネル固定型のOADMとして運用する。この場合、AOTF10に印加するRF信号周波数f1、f2、...、fnを固定することによって実現できる。アド/ドロップするチャネルが固定であるため原理的にはRF信号周波数を変化させる必要がなく、制御が容易である。

[0125] 次に、任意のチャネル(波長)をアド/ドロップする機能を有する任意波長型のOADMが要求される場合には、AOTF10に印加するRF信号周波数f1、f2、...、fnを可変にする機能を取り入れるだけで実現できる。例えば、図1において、ドロップするチャネルを変更する場合には、AOTF10に印加するRF信号周波数を変更するチャネル(波長)に合わせて変更すればよい。また、アドするチャネルを変更する場合には、LD19、8×8カプラから構成されるレーザバンクを設け、8×8カプラから出力されるWDM光(波長多量された光)から選択する波長をAOTF14でチューニングすればよい。この場合は、AOTF14に印加するRF信号周波数を選択する波長に合わせて変えられる。

[0126] このように、AOTF及びレーザバンクを用いることにより、OADMのハードウェアをほとんど変更することなく固定波長型から任意波長型へのアップグレードが可能となる。

[0127] 図21は、AOTFの構成を示す図である。AOTFは、ニオブ酸リチウムの基板に同図太線のように光導波路を形成し、導波路の交叉する部分に臨光ビームスプリッターPBSを設けている。RF信号は、IDT(inter digital transducer)と呼ばれる、極を交互にかき合わせたような電極に印加される。IDTに所定の周波数のRF信号が印加されると、弾性表面波(SAW)が発生し、基板の表面を伝播する。このSAWが伝播することによる影響は、基板内部の光導波路にもおよび、屈折率を周期的に変化させて、基板内部に弾い波長板のような構造を形成する。SAWガイドは、基板表面に貼り付けられた金属膜であり、SAWはこのガイドに沿って進行する。

[0128] 光入力が入力される光信号は、TEモードとTMモードとで構成したものであるが、PBS1でTMモードとTEモードに分かれて別々の導波路を伝播する。ここで、入力された光信号のうち、SAWとちうど相互作用する波長の光があると、上記した、弾い波長板の作用により、TEモードとTMモードとが入れ替わり、ドロップ光信号として出力される。一方、SAWとちうど相互作用する波長以外の波長の光は、SAWの影響がランダムに働き、TEモードとTMモードの入れ換えが起こらない。従って、そのような波長の光は出力力へスルー光として出力される。

[0129] 同様に、同図のアド光信号が入力される。PBS1でTEモードとTMモードとに分岐されて進むが、アド光信号はドロップ光信号と同じ波長を有している。SAWと相互作用し、TEモードとTMモードとが入れ替わり、光出力として送出される。このようにして、光信号のアド動作が行われる。

[0130] ところで、ニオブ酸リチウムは、複屈折の特性を有している。TEモードの伝搬速度とTMモードの伝搬速度は導波路内で異なっている。従って、モード変換を受けない波長の光は偏波モード分散を受けたまま光出力として送出されてしまう。一方、モード変換を受ける波長の光は導波路内でほぼ同じ時間TEモードとTMモードでいるので、両方のモードで伝播する光学的長さが同じとなり、偏波モード分散は打ち消されて出力される。

[0131] なお、このようなAOTFにおいては、導波路のパラメータ(長さ等)を適切に選んでやると、ロスを小さくしたり、選択特性の波長幅を狭くすることができ。選択特性の波長幅を狭くすることにより、クロストークを小さくすることができる。また、SAWガイドを斜めに配置したことによっても、波長選択特性のサ

イドロープを小さくすることができたり、RF信号のパワーが少なくて済むなどの効果が得られる。また、PBSを工夫することにより、ロスの上昇低減性をなくすることができ。

【0132】図22は、図21のAOTFの透過特性を示した図である。同図には、ドロップポートの波長選択特性あるいは透過特性を示している。同図に示されるように、サイドロープが多く形成され、半値幅(FWHM)も0.65nmとなっている。従って、図21の構成では、1TURT G. 692で規定される0.8nm間隔のグリッドに配置される波長をクロストークを少なくして、選択するの困難である。

【0133】図23は、図21のAOTFを3段モノリシックに基板上に構成し、同一周波数のSAWで波長選択した場合の波長選択特性である。1段のAOTFの半値幅が0.65であるものを3段カスケードに接続すると、波長選択特性の幅が広がっているのが同図(a)からわかる。同図(a)を拡大したものが同図(b)であり、半値幅が0.39nmとなっていることが分かる。これによれば、0.8nm間隔のグリッドに配置されている光信号を選択することが精度良くできることになる。と共に、サイドロープの位置を調整することによって、クロストークをよくすることができ。

【0134】従って、図5～図12で説明したOADM装置に変わっているAOTFは全て、3段のAOTFをモノリシックに形成し、同一周波数のSAWで波長選択動作を行わせている構成を前提にしている。

【0135】図24は、AOTFの温度依存性に対する対応技術の説明する図である。AOTFは温度に敏感であり、1℃温度が上がると選択波長が0.73nmずれてしまう。WDMシステムにおいては、0.8nm間隔で隣のチャネルの光信号が配置されていることを考えると、AOTFは温度が1℃上がっただけで、隣のグリッドの波長を選択してしまうような特性を有している。従って、AOTFをWDMシステムのOADM装置に使用する場合には、温度変化に対するフィードバックをRF信号あるいは温度制御装置にかける必要がある。温度制御装置を付けてAOTFの温度を一定に保とうとしても、ペルチェ素子等をAOTFの表面以外に設けてしまえば、温度勾配が生じるために表面の温度を正確に一定にすることは難しい。また、直接表面の温度を制御することも考えられるが、構造上ペルチェ素子等温度を上下する素子をAOTFの表面に設けることは難しい。また、温度センサもAOTFの表面の温度を正確に測らなければならないので、従来の温度センサでは、その設置方法も難しい。しかし、SAWがAOTFの表面を伝播するものであっても、AOTFの表面の温度に一番影響を受けることから表面の温度を何らかの方法で正確に検出し、表面の温度に対応した適切なフィードバックをかける必要がある。

【0140】なお、上記では、AOTFの温度変化による選択波長の变化をRF信号の周波数を変えることで補償する点について述べたが、AOTFの温度を制御することによって、選択波長を制御することも可能である。この場合、ペルチェ素子をAOTFの表面に近い位置に配置し、温度を変化させることによって選択波長を制御する。この場合、RF信号で制御するのは真なり、選択波長全てをスライドによって波長シフトできるの

【0141】図26、27は、3段構成のAOTFの選択特性の幅らぎと幅らぎ防止対策を説明する図である。図26、27において、AOTFによる選択波長は4つとし、3段構成のAOTFの各段に、同じ周波数成分を持つSAWを発生させて、波長選択される場合を前後と

【0146】⑤はドロップポートに出力される選択波長のパワーレベルの変化を示した図である。同図(b)の⑥は、図26(b)の⑤と比較すれば明らかになように、パワーの幅らぎが抑圧されていることが分かる。パワーレベルは0デシベルから少し下がっているが、これ

に離れている場合には、サイドロープが非常に小さくなるので、クロストークの発生は無視できる程度となるが、互いに近接している場合には、クロストークにより、出力される光信号のパワーがピークを生じてしまう。また、AOTFのSAWは近接波となっており、波長選択としてAOTF上を進行している中で、光信号にドロップポート効果による波長シフトを生じる。そこで、本実施形態では、AOTFに印刷するRF信号の位置を制御して、ピークを打ち消すようにする。図26は、3段構成のAOTFの格線に生じるSAWの位相差がない場合を示している。同図(a)は、4つのチャネルを選択するために発生されるSAWが互いに位相差0.1となっていることを示している。

【0142】同図(b)の⑦は、AOTFの選択波長特性が時間とともにどのように変化するかを示したものであり、波長特性の縦軸は線形スケールである。⑧は、⑦の縦軸をデシベル表示したものである。いずれも横軸は波長である。また、⑨と⑩はスルーポート側の波長選択特性を線形スケールとデシベルスケールで示したものである。

【0143】同図(b)の⑪～⑭から明らかのように、波長選択特性は、時間が経過するに従い、幅らぎを起すことが分かる。この幅らぎは、対応する波長の光信号をドロップしようとした時、選択波長の光信号のパワーの幅らぎを引き起す。選択波長の時間の経過に伴う幅らぎの様子を示したのが⑮であり、⑯は、スルーポート側のドロップされた光波長のスルーポート側の幅れ具合を示したものである。

【0144】同図(b)から分かるように、3段構成のAOTFに単純に波長選択のためのSAWを発生させたのでは、選択された波長のパワーに幅らぎが生じ、これが大きくなると強度変調されている光信号のデータを正常に受信側で受信できなくなる可能性を示している。

【0145】図27は、AOTFの選択特性の幅らぎを防止する方法を示した図である。同図(a)に示されるように、本実施形態では、3段構成のAOTFで4つのチャネルを選択する場合、それぞれを選択するためのSAWの位相を周期的に変えてやる。このように、SAWの位相制御を行った場合の波長選択特性を示したのが、同図(b)である。⑰～⑳に示されるように、波長選択特性の時間経過による幅らぎが抑圧されているのが分かる。ここで図28と同様に⑱と㉑は波長選択特性を縦軸を線形スケールに保って示したものであり、㉒と㉓は、時間経過による変化を縦軸とし、波長選択特性の縦軸をデシベルスケールで示したものである。

【0146】⑤はドロップポートに出力される選択波長のパワーレベルの変化を示した図である。同図(b)の⑥は、図26(b)の⑤と比較すれば明らかになように、パワーの幅らぎが抑圧されていることが分かる。パワーレベルは0デシベルから少し下がっているが、これ

は、ドロップポートに出力される光信号のレベル変化をSAWの位相制御で打ち消すことによって生じたロスである。また、㉔には、スルーポートの選択波長光信号の幅れ具合を示したものである。

【0147】このように、SAWをAOTFに印刷する場合、3段構成の各段に発生するSAWの位相を制御することによって、ドロップされる光信号のパワーに生じるピークを抑制することができることが分かった。また、スルーポート側でも幅れ光が幅端に多くなったりすることがなくなると、AOTFの波長選択特性が良くなる

【0148】このように、AOTFを単に3段構成にするのみではなく、各段に発生するSAWの位相をRF信号の位相を制御することによって、要えてやることによって、AOTFの波長選択特性をよりブレンなものとすることができ。従って、AOTFの波長選択時に生じるピークを抑制して、強度変調された光信号をより正確に受信することができるようになる。

【0149】図28は、AOTF駆動回路の概略構成を示す第1の例である。AOTF駆動回路を形成するに当たり、RF信号の発振周波数に対応する固定発振周波数の発振器を必要とするだけ用意しておき、これらの発振RF信号を適宜選択してAOTFに加えることにより、AOTFを駆動する方法が1つの駆動回路構成方法である。

【0150】同図は、チャネル1用に発振器OSC1が用意され、同様に、チャネル2用に発振器OSC2が、チャネル3用に発振器OSC3が、準備され、波長分割多重システムで用いられる全てのチャネルに対して、発振器OSCnまで設けられている。

【0151】これらの発振器OSC1～nは固定周波数発振器であって、これらが発振する信号をディバイダでそれぞれ3つに分割し(AOTFは3段構成で、RF信号を印刷すべき1DTが1つのAOTFについて3つあるとしている)、1つは、位相遅延無しでカプラに入力される。2つめは、図27(a)の表にあるように、RF信号に位相遅延を与えるために位相遅延部が設けられ、同図の場合、1つの位相遅延部で与える位相遅延は120°となっている。

【0152】発振器OSC1からのRF信号は、ディバイダで分岐された後、ポート1から出力されるRF信号は位相遅延無しに、カプラに送られ、1段目のAOTFは1に与えられ、ポート2から出力されるRF信号は、120°位相遅延を受けた後、カプラに入力され、2段目のAOTFは2に印刷される。また、ポート3から出力されるRF信号は、120°の遅延を2回受け、240°位相遅延を受けてからカプラに入力され、3段目のAOTFは3に印刷される。

【0153】同様に、チャネル2選択用の発振器OSC2から出力されるRF信号は、ディバイダで分割された

後、ポート1から出力される信号は位相遅延を受けずカプラに入力され、AOTF#1に印加される。ポート2から出力されるRFF信号は、 240° の位相遅延を受けて、カプラに入力され、AOTF#2に印加される。ポート3からのRFF信号は 120° の位相遅延を受けて、カプラに入力され、AOTF#3に印加される。

【0154】チャネル3用の発振器OSC3からのRFF信号はディバイダで分岐された後、ポート1～3のいずれの信号も位相遅延を受けることなく、1～3段のAOTF#1～#3に印加される。

【0155】後は、同様に、上記発振器OSC1～OSC3までの位相遅延の仕方を取り返し、発振器OSCnまでをカプラに結線し、1～3段までのそれぞれAOTF#1～#3にRFF信号が印加される。

【0156】位相遅延部としては、ケーブルを長くするとか、トランズを設け、信号を取り出す位置を変えとか、遅延線を使用する等が考えられる。ただし、トランズを使用した場合には、信号を取り出す位置によりインピーダンスが異なったりするので、あまり、好ましくない。例えば、また、遅延線はRFF信号の波形が崩れる恐れがあるため、本実施形態においては、ケーブルを長くすることによって位相遅延を与えている。ケーブルを使った場合、RFF信号が170MHzの場合、 120° 遅延を与えるには、35cm余分に長くしてやればよく、240°遅延を与える場合には、70cm余分に長くしてやればよい。ただし、他の方法であっても、それぞれ欠点を解消するような方策をとれば、使用することができる。

【0157】図29は、AOTFの駆動回路の概略構成を示す第2の例である。図28の場合には、どのような波長の光信号をもドロップすることができると、各チャネル用の発振器を全て用意していたので、ドロップする光信号の波長が、対応しない発振器は、設けられていないにも関わらず、使用されない状態となってしまう。つまり、無駄な発振器を用意していることになる。

【0158】ところで、電気信号の発振器は通常発振周波数を変えることができるようになっているので、発振器をドロップする波長の数だけ用意しておき、ドロップする光信号の波長が変わったときには発振器の発振周波数を変化させることによって、対応するような回路構成も可能である。このような構成の概略を示したのが図7である。

【0159】ここでは、ドロップされる光信号の波長数は8個であると決められているとする。この場合、発振器はOSC1～OSC8の8つのみを設けておく。各発振器OSC1～OSC8から出力されるRFF信号は、3段のAOTFのいずれかに印加するためにディバイダで三分岐され、三分岐されたRFF信号は、更に後段のディバイダによって3つに分岐される。このようにして後段のディバイダによって3つに分けられたRFF信号は、そ

れぞれ位相遅延無し、 120° 位相遅延、 240° 位相遅延の三種類とされて、スイッチに入力される。スイッチは、AOTFで選択すべき波長の数等から発振器OSC1が#1～#3のAOTFの各段に印加するべき位相を選択するためのものである。

【0160】同図では、発振器OSC1に対応する構成のみが示されているが、他の発振器OSC2～OSC8に対応する構成もまったく同じである。このように構成することにより、各発振器OSC1～OSC8が発振するRFF信号を所望の位相差を付けて各段のAOTF#1～#3に加えることができるので、発振器OSC1～OSC8の発振周波数が変わった場合にも、AOTFに適切な位相制御を行ったRFF信号を印加し、選択された波長の光信号のパワーのピークを平滑化することができる。

【0161】また、上記説明では、位相遅延量は 120° 単位であったが、設計上最も良い位相遅延量を設定すべきであって、本実施形態のように必ずしも 120° に限られたものではない。

【0162】図30は、OADM装置を含むOADMシステムのシステム設計を説明する図である。WDM伝送システムに適用する光アンプととしては、1.5μm帯に広い利得帯域を持つエルビウムドープファイバアンプ(EDFA)が実用段階にある。しかし、現在世界的に最も普及している既製の1.3μm帯窄分岐シグナルモドファイバ(SMF)伝送路上で1.5μm帯信号の高速伝送を行う場合、あるいは使用波長帯域で分散値が零でないnon-zero-dispersion shifted fiber(NZ-DSF)伝送路を用いる場合、伝送路の波長分散特性あるいは分散特性と光ファイバ中で発生する非線形効果の相互作用で伝送波形が歪む。WDM伝送システムで分散特性との相互作用で波形劣化を引き起こす非線形効果は、伝送波長が1波長の場合にでも発生する自己位相変調効果(SPM)と多波長の場合に発生する相互位相変調効果(XPM)の2つである。SPM、XPM共、伝送光信号に波長チャープを起させるものである。

【0163】これら光ファイバの分散特性に起因する影響は伝送速度、伝送距離を制限する大きな要因となる。このため何らかの方法でこれらの影響を抑圧する必要がある。

【0164】抑圧する方法として、伝送路で発生する分散と逆符号の分散を有する分散補償器を伝送路に挿入し、全伝送路の分散を小さくする方法が提案されている。分散補償器としては、ファイバグレーティングを用いたもの、光干渉計を用いたもの、伝送路と逆の分散特性を持つ光ファイバを用いたもの等様々な方法が提案されている。また、送信部で予めプリチャープをかける方法(ベースバンド信号の光強度変調成分以外に波長分散による広がりを抑圧するために光位相または光周波数変調を意図的に施す方法)、プリチャープと上記分散補償

器との組み合わせで行う方法が提案されている。

【0165】美システムにおいては、使用する伝送路の分散値、非線形係数、非線形効果の効率に大きく影響する各波長の伝送路入力光パワー等にはばらつきが生じる。これらばらつきが生じる場合でも伝送特性に影響を与えない方法を適用する必要がある。また、光波ネットワーキにおいては、各波長は任意のモードで、分岐、挿入されるため、波長によって伝送モードが異なる。この場合にも伝送品質を保持する必要がある。

【0166】従って、本実施形態では、プリチャープと分散補償器とを組み合わせ、さらに分散補償器の挿入位置、分散補償量、送信部でのプリチャープ量(aパラメータ)の最適化により問題を解決する。

【0167】以下に、具体的に説明する。OADMシステムは、図(a)に示されるように、送信部と受信部の間を伝送路で結び、伝送路中に、光アンプや分散補償手段、OADMノードが接続された構成となっている。送信部は、各電気信号を波長λ1～λnまでの光信号に変換するE/O装置が設けられ、これらによって生成された光信号がマルチプレクサMUXによって波長多重化され、分散補償手段によって分散が補償されてから再び光アンプで増幅されて、伝送路に送出される。伝送路の分散量は 16ps/nm/km で、80kmで(光アンプ間やOADM装置間等)ノード間の伝送路のことをスパと呼ぶ)、4スパン(送信局と受信局の間にノードが3つ入っている構成を示す。同図の場合、ノードとして2つの光アンプと分散補償手段の組み合わせ2つとOADMノードが1つ入れられている。)の場合、送信部の分散補償手段の補償量は、例えば、 -700ps/nm である。また、途中に入れられるノードとしての分散補償手段の分散補償量は例えば -1200ps/nm である。受信部は、光アンプに接された分散補償手段と、波長多重化された光信号を分波するデマルチプレクサDMUXと、分波された波長の光信号を電気信号に変換するO/E装置とからなっている。ここで、受信部の分散補償手段の補償量は例えば -1200ps/nm である。このとき、受信部でのトレランスは± 200ps/nm となる。

【0168】このように、各分散補償手段の分散量を設定してやると80kmを4スパン伝送する波長分割多重システムにおいては、最適な分散補償をすることができ、同図(b)は、分散補償手段を構成する場合の光アンプとの組み合わせの変形例を示した図である。

【0169】同図(b)上段は分散補償手段が非線形効果を示しやすく、しかもロスが大きい場合の構成である。先ず、分散補償手段のロスを補償し、しかも分散補償手段内で非線形効果が起こらないようにするために、所定のレベルまで光信号のレベルを増幅する前段光アンプを設ける。ここで、所定のレベルまで増幅された光

号は、分散補償手段に入力され、分散補償される。分散補償手段から出力された光信号は、後段の光アンプによって、例えば80km伝送し、次の光増幅器まで光信号を送信するのに必要なレベルまで増幅される。

【0170】同図(b)中段は分散補償手段のロスが小さい場合にも可能な構成である。伝送された光信号は、増幅されないまま分散補償手段に入力され、分散が補償されてから、光アンプで増幅される。この場合は、分散補償手段のロスが小さいので、分散補償手段を通して後の光信号のレベルがあまり小さくなくなっているの

で、後から光アンプで増幅してもSN比をあまり悪くすることない。

【0171】一方、同図(b)下段は、分散補償手段がファイバグレーティングを使ったもののように非線形効果をあまり示さない場合に可能な構成である。この場合には、光アンプで光信号を増幅してから分散補償手段に入力している。光アンプで光信号は非常にパワーの大きい信号となるが、分散補償手段が非線形効果をあまり示さないため、非線形効果による波形劣化を招く恐れはほとんどない。従って、先に光アンプを設けることが可能である。このとき、分散補償手段のロスが大きくても先に光アンプで増幅しているため、分散補償器を通して後で十分分岐SN比を維持することができ、

【0172】分散補償手段としては、分散補償ファイバを使うことが一般的であるが、分散補償ファイバは、ロスが大ききく、しかも入力する光信号のレベルが所定値より大きいと非線形効果を示すので、入力する前には、所定値より小さいレベルまで光信号を増幅し、分散補償後再び遠くまで伝送するために光パワーを挙げてやる必要がある。従って、分散補償ファイバを分散補償手段として使用する場合には、同図(b)の上段の構成を使用するのが好ましい。

【0173】図31は、OADM装置部分の分散補償のための構成を示す図である。OADM装置では、ドロップされる光信号に対しては、図30の送信部から受信部に送信される光信号と同様に分散補償を受けられるように分散補償器を配置し、トリビュタリ局に送信するようにする。一方、アドされる光信号に対しては、やはり、トリビュタリ局からOADM装置を通して受信部に送信される光信号は、図30の送信部から受信部に送信される光信号と同様の分散補償が受けられるように構成する。

【0174】同図(a)では、送信側から伝送されてきた光信号は、図30の伝送路中に設けられる分散補償手段の分散補償量と同じ -1200ps/nm の補償量を有する分散補償手段によって分散補償され、OADM装置に入力する。スルーする光信号は、OADM装置がなかったようにそのまま伝送されていく。一方、ドロップされる光信号も -1200ps/nm の補償を受けて、ドロップされトリビュタリ局に送信されるので、トリ

スイッチを駆けている。このようにすれば、1～nの分散補償手段それぞれに光スイッチを駆ける必要がなくなる。入力された光信号は、光カプラで分岐され、全ての分散補償手段に等しく入力され、分散補償されるが、1×n光スイッチで、最速に分散補償された光信号を選択し出力するようにしている。

【0180】図33 (a)は、入力側に1×n光スイッチを設け、1～nの分散補償手段のいずれか1つ、最速に分散補償することのできる分散補償手段に光信号を入力するように構成されている。1×n光スイッチで光路が選択された光信号は、対応する分散補償手段を通して、光カプラを介して出力される。

【0181】図33 (b)は、光カプラを使用する代わりに1×n光スイッチを使用する構成例を示している。入力した光信号は1×n光スイッチで光路が決定され、1～nのいずれかの分散補償手段に入力される。出力側の1×n光スイッチは、光信号が入力された分散補償手段からの光信号を通過させるように光路をスイッチングし、光信号を出力させる。

【0182】図32の構成は、図32の構成に比べ、光信号のパワーの減少を少なくすることができ、すなわち、図32では、入力された光信号は、実際に分散補償手段に入力されるか否かに限らず、等しく分割されてしまうので、パワーは、分割数分の1となってしまう。しかし、図33の構成では、入力した光信号は1×nスイッチにより、1～nのいずれかの分散補償手段に全てのパワーが送られることとなるので、実際に使用されない光路に光信号のパワーを分割して送出してしまうことがない。

【0183】図34～37は、分散補償するための構成の変形例を示した図である。図34は、光スイッチまたは、光カプラ340を使用した例であり、補償量が同じ、あるいは、異なる分散補償ファイバ等の分散補償手段を直列に接続し、分散補償手段を複数通過させることにより、光信号の分散補償を最適化してやろうというものである。入力した光信号は、分散補償手段を通過するが、分散補償手段の後に設けられた光スイッチ341により、光路が変えられ、光スイッチまたは光カプラ340へと送られ、出力される。どの光スイッチで光路が切り換えられるかにより、通過する分散補償手段の数が異なるので、補償される分散の量も異なってくる。

【0184】図35は、迂回路を作って、光信号が通過する分散補償手段の数や種類を変えてやる構成である。入力した光信号は、光スイッチ350によって次の分散補償手段を迂回するか通過するか切り換えられる。直列に接続されている分散補償手段のそれぞれの前段には、光スイッチ350が設けられており、各光スイッチの次の分散補償手段を光信号に通過させるか否かが決定できるようにしている。同図の構成の場合には、迂回路が形成されているため、後段に設けられている分散

補償手段に光信号を通過させるのに、前段の分散補償手段を通過させる必要がないので、分散補償手段によって補償する分散補償量の大小をより自由に設定できる。

【0185】図36は、図34の變形例である。各分散補償手段の後に、光カプラ362が設けられており、光信号が分岐されるようになっている。この構成によれば、同構成で可能な分散補償量の範囲を受けた全ての光信号が、それぞれの光スイッチ360まで送られてきており、光スイッチ360の内1つを開いてやることにより、最も良く分散補償された光信号を光スイッチまたは光カプラ361に送ることができ、光スイッチまたは光カプラ361から、このようにして選択された最も良く分散補償された光信号を送出することができ、ただし、この構成では、光信号が光スイッチまたは光カプラ361に送られるか否かに限らず、光カプラ362によって分岐されてしまうので、後段の分散補償手段に入力される光信号は、パワーが小さくなってしまいうという性質がある。

【0186】図37は、図36の更なる變形例である。各分散補償手段の後に、光カプラ370が設けられており、各分散補償手段によって分散補償された光信号が光スイッチ371に入力される。光スイッチは、さまざまな分散補償を受けた光信号のうち最も良く分散補償された光信号を選択して出力する。この場合には、光信号は、分散補償手段を順次通過するうちに、その後の光カプラ370で分岐されてしまうことにより、パワーが小さくなってしまいうという性質を持っている。

【0187】図38、39は、分散補償と波形状劣化特性について示した図である。図38は、10Gbpsで、8波多重した場合には、80kmを4スパン伝送したときの波形状劣化を示している。伝送路 (シングルモードファイバ; SMF) への入力光パワーは1チャネル当たり平均で+10dBm、送信局側でαパラメータ=1のプリチャープを行っており、送信局では分散補償ファイバを使用せず、中継器と受信局で同じ大きさの分散補償量を持つ分散補償ファイバで分散補償している。

【0188】1S1劣化とは符号間干渉による劣化のことであり、信号の周波数方向の劣化を表している。1S1劣化は、0%に近いほど良い。位相マージンは、光信号のオン/オフパターンの時間方向のずれの量など、光信号の位相方向の劣化量を表すものであり、100%に近いほど良い。

【0189】今、光信号の劣化量の許容範囲を1S1劣化が10%、位相マージンが70%であるとすると、同図の上から突出しているグラフの1S1劣化が10%である部分で持つ幅が、いずれのチャネルに対してもほぼ1000～1200ps/nm/unlの範囲にあることが分かる。一方、同図の下から突出しているグラフの位相マージンが70%である部分の幅が、いずれのチャネルに対してもほぼ1150～1300ps/nm/unlの範囲にある。

nitの範囲であることが分かる。

【0190】上記両者の範囲の重なった部分が、分散補償量のトレランスである。このトレランスが広いほうが良いのであるが、同図では、非常に狭いことが分かる。図39は、図38の条件において、送信局で受信局と同じ量の分散補償をしており、中継器は送信局で受信局と同じ量の分散補償の2倍の分散補償を行っている。また、送信局では、送信局でαパラメータ=+1のプリチャープを行っている。

【0191】同図ではトレランスの広がりが増えるが、送信局で分散補償を行うとともに、αパラメータが正のプリチャープを行うことによって、分散トレランスを広くすることができる。

【0192】これをわかりやすく示したのが図40である。図40は、位相マージンが70%以上である場合の分散トレランスを示した図である。

【0193】同図 (a) は、送信側でαパラメータ=+1のプリチャープを行った場合を示し、同図 (b) は、送信側でαパラメータ=-1のプリチャープを行った場合を示す。同図は、10Gbpsの伝送速度で、18波多重し、4スパン伝送したものである。同図では、グラフの上方に位相マージンが70%以上を満たす上限が示されており、グラフの下側に分散トレランスが示されている。この上限と下限の間が分散トレランスである。同図 (b) のように、送信側で負のプリチャープを行った場合には、上限と下限がほとんどくっついてしまいい、トレランスがほとんどないことが示されている。これに対し、同図 (a) のように、送信側で正のプリチャープを行った場合には、上限と下限に幅があり、分散トレランスが大きくなり、分散補償の範囲が広がる。

【0194】以下に、OADM装置を使ってネットワークを構築する際に必要とされる冗長構成 (パスプロテクション) の構成例を説明する。図41は、2ファイバLSRのOADMノードの構成を示した図である。

【0195】同図は、32波を多重する波長多重システムを前提に説明する。BLSRでは、2ファイバで上り伝送路と下り伝送路の冗長化を行うため、波長チャネルの半分を現用 (Work)、残り半分を予備 (Protect) として使用する。例えば、同図では、面から順への通信には、波長1～16を現用として使用し、面

ビュートリ局で受信されるときは、図30の送信部から受信部にスルーして受渡される光信号と同じ分散補償を受けることができる。一方、アドされる光信号は、アドポート側に、図30では、送信側に設けられていた700ps/nmの補償量を有する分散補償手段に対応する分散補償手段が設けられる。従って、トリビュートリ局からそのまま送出された光信号は、アドポート側の分散補償手段によって、図30の送信部でうける補償に対応する分散補償を受けてOADM装置でアドされることになる。アドされた後は、他の光信号と同じように分散補償されるので、トリビュートリ局からアドされる光信号も、受信側に送渡されるときは、図30の送信部から受信部にスルーして送渡される光信号と同様の分散補償を受けて伝送される。

【0175】このように、OADM装置をスルーする光信号も、アド・ドロップされる光信号もそれぞれの端局に伝送される間に同じような仕方で分散補償されるように分散補償手段をネットワークに組み込むようにする。

【0176】同図 (b) は、OADM装置の別の構成例である。OADM装置の中には、光信号をドロップするためのAOTF等の分岐回路と、光信号をアドするための光カプラ、AOTF、あるいは合波器等の挿入回路とが設けられている。同図 (a) で述べたように、アド・ドロップされる光信号も、図30の送信部から受信部にスルーする光信号と同じように分散補償を受けるために、OADM装置の前段には、補償量1200ps/nmの分散補償手段が設けられており、アド側には、700ps/nmの分散補償手段が設けられている。同図 (b) の構成は、AOTFをドロップ専用として使用し、アドは光カプラで行うという構成をしており、図5～図12に示したOADM装置の具体的な構成に対応している。

【0177】図32、33は、送信部、受信部、及びOADM装置のアド側、ドロップ側に設けられる分散補償手段の構成例を示す図である。送信部、受信部及びOADM装置のアド側、ドロップ側は、伝送路の経路劣化や波長回帰による割込み等により補償量を調整できることが好ましい。そこで、分散補償手段を補償量の可変構成とすることが有力である。

【0178】図32 (a) は、1～nの補償量の異なる分散補償手段 (例えば、分散補償ファイバ) を設け、入力された光信号を光カプラ等で等しく分岐し、光スイッチを各分散補償手段に設けておいて、いずれかの分散補償手段を選択するようにする。従って、光信号は、1～nの異なる補償量を有する分散補償手段のいずれかを通して出力されることになる。図32 (b) は、1～nの異なる補償量を有する分散補償手段のいずれかを通して出力されることにより、伝送路の伝送特性の変化に対応することができるようになる。

【0179】図32 (b) は、1～nの異なる補償量を有する分散補償手段を設けると共に、出力側に1×n光

から西への通信には、波長 $\lambda 17 \sim \lambda 32$ を現用として使用する。

【0196】正常時は、西から来た光信号は、 1×2 カブラ410から光ルーブバックスイッチ411を通り、波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$ までを現用として使用している波長 $\lambda d d / D r o p$ 部412に入力される。波長 $\lambda d d / D r o p$ 部412から出力される光信号は、光ルーブバックスイッチ413を通して 1×2 カブラ414を介して伝送路に送出される。同様に、東から西に光信号を送信する場合には、 1×2 カブラ419から光ルーブバックスイッチ418を介して波長 $\lambda d d / D r o p$ 部417に入力される。波長 $\lambda d d / D r o p$ 部417では、波長 $\lambda 17 \sim \lambda 32$ を現用として使用している。波長 $\lambda d d / D r o p$ 部417から出力される光信号は、光ルーブバックスイッチ416を介して、 1×2 カブラ415を通して、西側に送出される。なお、波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$ と波長 $\lambda 17 \sim \lambda 32$ は、それぞれ同じ情報を常に通んでいる。

【0197】ここで、図42に示すように西側にケーブル切断が起こり、西側へ光信号を送信できない、あるいは、西側から光信号を受信できなくなったとすると、東側から送られてくる波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$ の現用回路が波長 $\lambda d d / D r o p$ 部412の現用装置により処理され、波長 $\lambda 17 \sim \lambda 32$ の現用回路が波長 $\lambda d d / D r o p$ 部417の現用装置により処理される。すなわち、東側から送られてきた光信号は、 1×2 カブラ419で現用バックスイッチ418に送られると共に、光ルーブバックスイッチ411にも送られている。光ルーブバックスイッチ411は、西側からのバスを切り、 1×2 カブラ419からの光信号を波長 $\lambda d d / D r o p$ 部412に送信するようにする。波長 $\lambda d d / D r o p$ 部412は、波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$ の光信号を現用の装置で処理し、光ルーブバックスイッチ413と 1×2 カブラ414を介して東側へ送出する。 1×2 カブラ419からのもう一方の光信号は、光ルーブバックスイッチ418を介して波長 $\lambda d d / D r o p$ 部417に入力され、波長 $\lambda 17 \sim \lambda 32$ までを現用装置で処理して、出力する。波長 $\lambda d d / D r o p$ 部417から出力された光信号は、光ルーブバックスイッチ416で光路が切り換えられ、 1×2 カブラ414から東側へ送出される。

【0198】図43に示すように、東側にケーブル切断が生じた場合は、上記説明と同じであって、ただし、光ルーブバックスイッチ418が上記説明の光ルーブバックスイッチ411の動作をし、光ルーブバックスイッチ413が上記説明の光ルーブバックスイッチ416の動作をするようになる。

【0199】同図のように、波長 $\lambda d d / D r o p$ 部412で現用として使う波長と予備として使う波長とを波長 $\lambda d d / D r o p$ 部417では、現用と予備を入れ換

えて使用することにより、ケーブル切断が生じて、光信号の折り返しが必要になった場合に、光信号の波長変換を行う必要がなくなる。従って、装置の構成を簡単化でき、コストの低減に寄与するところが多い。

【0200】同図のような装置構成は、BLSR (Bidirectional Line Switch Ring) という名前が示すように、リング状のネットワーク (図44、45参照) において採用される。

【0201】図44は、正常時のリングネットワークを示す。OADMノードA、B、C、Dは図41に説明したOADMノードと同一の状態にある。図45はOADMノードAの西側で光ケーブル断が生じた場合のリングネットワークの構成を示す図である。この場合OADMノードAでは、図42のようにルーブバックスイッチ411、416が切り替わる。また、OADMノードでは、図43に示すようにルーブバックスイッチ413、418が切り替わる。

【0202】図46は、4ファイバBLSRのOADMノードの構成を示す図である。4ファイバBLSRにおいては、波長 $\lambda d d / D r o p$ 部も2重化されており、西側から東側へ向かう回路には、現用の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部423と予備の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部424が設けられ、東側から西側へ向かう回路には、現用の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部431と予備の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部432が設けられている。また、4ファイバBLSRにおいては、伝送路も現用と予備が設けられており、例えば、32波のチャネルを現用と予備に分ける必要はなく、32波すべてを現用として使用することができる。

【0203】 $1 + 1$ プロテクションにおいては、現用伝送路と予備伝送路に常に同じ情報が流れている。通常動作では、西側から入力された光信号は、光ルーブバックスイッチ426、427を通して、 $1 + 1$ プロテクションスイッチ425に入力する。光 $1 + 1$ プロテクションスイッチ425では、現用回路と予備回路の切り替えを行う。一般に、現用の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部423には、SN比の良い回路の光信号が入力される。光 $1 + 1$ プロテクションスイッチ425から出力される光信号は、それぞれ現用の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部423あるいは予備の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部424に入力され、処理された後、光 $1 + 1$ プロテクションスイッチ422に入力される。光 $1 + 1$ プロテクションスイッチ422では、現用と予備の切り替えが行われ、出力された光信号は、光ルーブバックスイッチ420、421を介して東側へ送出される。

【0204】東側から西側へ送られる光信号は、光ルーブバックスイッチ434、435及び光 $1 + 1$ プロテクションスイッチ433を介して、それぞれ現用波長 $\lambda d d / D r o p$ 部431及び予備波長 $\lambda d d / D r o p$ 部432に入力されて、処理される。現用及び予備の波長

$\lambda d d / D r o p$ 部431、432から出力された光信号は、光 $1 + 1$ プロテクションスイッチ430、光ルーブバックスイッチ428、429を介して西側へ送出される。

【0205】図46のOADMノードによりリングネットワークを構成した場合を図47に示す。図46のノードの西側のケーブルがすべて切断などにより使用できなくなった場合には、このノードで折り返し転送が行われる。東側の現用回路から入力した光信号は、そのまま現用の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部431に入力される。現用の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部431から出力された光信号は、光 $1 + 1$ プロテクションスイッチを介して光ルーブバックスイッチ428に入力されるが、西側へは送られず、光ルーブバックスイッチ421へ転送され、予備回路を使って東側へ送信される。一方、東側の予備回路から入力された光信号は、西側のケーブル切断等により、光ルーブバックスイッチ435によって、光ルーブバックスイッチ426に転送される。光ルーブバックスイッチ426は、転送されてきた光信号を光 $1 + 1$ プロテクションスイッチ425を介して現用の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部423に入力する。この光信号が現用の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部423から出力されると、光 $1 + 1$ プロテクションスイッチ422、光ルーブバックスイッチ420を介して東側へ現用回路を使って送信される。

【0206】図48のOADMノードAの動作が以上の説明に対応する。東側のケーブルがすべて使えなくなった場合は、上記説明と同様であって、ただし、光ルーブバックスイッチ428の動作は光ルーブバックスイッチ420が、光ルーブバックスイッチ435と426の動作を光ルーブバックスイッチ427と434が行う。

【0207】図48のOADMノードDの動作が以上の説明に対応する。4ファイバBLSRでは、現用の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部の故障と伝送路の切断が同時に起きても対応することができる。例えば、図49に示すように、現用の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部423が故障し、西側へ向かう現用回路が同時に切断されたとき、このときは、東側の現用回路から入力された光信号は、現用の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部431を介して光 $1 + 1$ プロテクションスイッチ430でバスが予備側に切り換えられ、光ルーブバックスイッチ429を介して西側へ送出される。一方、西側の現用回路から入力された光信号は、光 $1 + 1$ プロテクションスイッチ425で予備の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部424に送られる。予備の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部424から送出された光信号は、光 $1 + 1$ プロテクションスイッチ422によって、光ルーブバックスイッチ420に送られ、現用回路を使って、東側へ送出される。

【0208】このように、伝送路の現用回路が使えなくなった、あるいは、現用の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部が使

えなくなった場合には、光 $1 + 1$ プロテクションスイッチ430が現用と予備を切り替えて障害を克服する。

【0209】図50は、 1 つのファイバで両方向伝送を行うシステムにおける2ファイバBLSRのノード構成である。同図の構成では、現用回路の東側から入力した光信号は、BD-WDMカブラ440で分岐され、光ルーブバックスイッチ442を介して現用波長 $\lambda d d / D r o p$ 部のうち、波長 $\lambda 17 \sim \lambda 32$ を扱う (波長多重数を32と仮定している) 装置444に入力する。ここで、BD-WDMカブラとは、Bi-Directional-WDMカブラという意味である。装置444から出力された光信号は、光ルーブバックスイッチ446を介してBD-WDMカブラ447に入力され、現用回路を介して西側から入力しに送出される。一方、現用回路を介して西側から入力した波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$ の光信号は、光ルーブバックスイッチ445を介して現用の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部の内、波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$ を扱う装置443に入力される。装置443から出力される光信号は、光ルーブバックスイッチ441を介してBD-WDMカブラ440で西向きの光信号と合波されて現用回路を東向きに伝送される。

【0210】このように、 1 つのファイバで両方向伝送を行う場合は、互いに逆方向に伝播する光信号の干渉が大きくならないように、異なる波長を使うようにする。例えば、同図では、西から東へ向かう信号を波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$ とし、東から西へ向かう信号を波長 $\lambda 17 \sim \lambda 32$ としている。

【0211】通常時における予備側の動作は、現用側の動作と同じであるが、使用される波長が異なっている。すなわち、西から東へ向かう光信号の波長は $\lambda 17 \sim \lambda 32$ であり、東から西へ向かう光信号の波長は $\lambda 1 \sim \lambda 16$ となっている。

【0212】ここで、図51に示すようにOADMノードの西側の伝送路が現用も予備も使用できなくなつたとする。すると、波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$ の光信号は、東側から予備回路を使って、BD-WDMカブラ448に入力され、光ルーブバックスイッチ450を介して光ルーブバックスイッチ445に転送される。光ルーブバックスイッチ445は、転送された光信号を現用の波長 $\lambda d d / D r o p$ 部の波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$ を処理する装置443に入力する。装置443から出力された光信号は、光ルーブバックスイッチ441を介してBD-WDMカブラ440に入力され、東側へ現用回路を介して伝送される。

【0213】一方、東側から現用回路を使ってBD-WDMカブラ440に入力した、波長 $\lambda 17 \sim \lambda 32$ までの光信号は、光ルーブバックスイッチ442を介して装置444から出力され、処理される。装置444から出力された光信号は、光ルーブバックスイッチ446で、光ルーブバックスイッチ449に転送され、BD-WDMカブラ448を介して、予備回路を使って東側へ送出さ

れる。
【0214】また、図52に示すようにOADMノードの東側の伝送路が現用、予備共に使えなくなった場合には、上記と動作は同じであるが、光ループバックスイッチ450の動作を光ループバックスイッチ446と449の動作を光ループバックスイッチ441と453が行う。
【0215】図53は、図50のOADMノードを用いてリングネットワークを構成した場合の図である。また、図54は、OADMノードAの西側でケーブル断が生じた場合の例を示す図である。この場合、OADMノードAでは、図51と同様にループバックスイッチ445、446、449、450が動作し、またOADMノードDでは図52と同様に、ループバックスイッチ441、442、443、454が動作する。
【0216】なお、図41～図63において説明した1～132の光信号は、北米SONET OC-192又はOC-48、OC-12等に対応したフレーム構成を有する。
【0217】図55は、光1+1プロテクションスイッチの構成例を示した図である。OADMノードは光1+1プロテクションスイッチによって冗長化がなされているが、光1+1プロテクションスイッチが故障した場合には、冗長化が機能しなくなるので、光1+1プロテクションスイッチそのものも冗長化しておくのが好ましい。

10

【0218】入力側から入力された光信号は、2×1カプラ460、461によってそれぞれ2分岐され、ゲートスイッチ462～465に入力される。ゲートスイッチ462～465は通過した光信号は、2×1カプラ466、467から出力側に出される。また、2×1カプラ460と467の内、いずれかが故障した場合には、ゲートスイッチ462、463か、ゲートスイッチ464、465のいずれかを閉じた状態にし、もう一方を閉じて、光信号を送り出すようにする。また、2×1カプラ460、461のいずれかが故障した場合には、ゲートスイッチ462、464か、ゲートスイッチ463、465のいずれかを閉じた状態にし、もう一方を閉じて、光信号を送り出すようにする。

20

【0219】このように、ゲートスイッチ462～465を切り替えることにより、2×1カプラ460、461、466、467のいずれかが故障しても対応することができ。

【0220】図56は、光伝送路において、再生器をどのように挿入するかに関する考え方を説明する図である。図57(a)に示されるように、光伝送路には、光アンプ470-1～470-4が設けられ、これら光アンプ470-1～470-4を所定数中継した後再生器471で光信号の再生を行う。

50

【0221】同図(b)には、光アンプ470-1～4

の第1の例を示す図(その1)である。
【図6】AOTFを使用したOADM装置の具体的構成の第1の例を示す図(その2)である。
【図7】AOTFを用いたOADM装置の具体的な構成の第2の例を示す図(その1)である。
【図8】AOTFを用いたOADM装置の具体的な構成の第2の例を示す図(その2)である。
【図9】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成の第3の例を示す図(その1)である。
【図10】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成の第3の例を示す図(その2)である。
【図11】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成の第4の例を示す図(その1)である。
【図12】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成の第4の例を示す図(その2)である。
【図13】アド光信号を生成するための光を供給するために使用されるレーザーバンクの構成及び概念を説明する図である。

10

【図14】OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その1)である。
【図15】OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その2)である。
【図16】OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その3)である。
【図17】OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その4)である。
【図18】OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その5)である。
【図19】OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その6)である。
【図20】OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その7)である。

20

【図21】AOTFの構成を示す図である。
【図22】図21のAOTFの透過特性を示した図である。
【図23】図21のAOTFを3段モニリシツクに基板上に構成し、同一周波数のSAWで波長選択した場合の波長選択特性である。
【図24】AOTFの温度依存性に対する対応技術を説明する図である。
【図25】共振器の温度依存性を示す図である。
【図26】3段構成のAOTFの選択特性の揺らぎと揺らぎ防止対策を説明する図(その1)である。
【図27】3段構成のAOTFの選択特性の揺らぎと揺らぎ防止対策を説明する図(その2)である。
【図28】AOTF駆動回路の概略構成を示す第1の例を示す図である。
【図29】AOTFの駆動回路の概略構成を示す第2の例を示す図である。

30

【図30】OADM装置を含むOADMシステムのシス

50

【図31】OADM装置部分の分散補償のための構成を示す図である。

64

【図32】送信部、受信部、及びOADM装置のアド側、ドロップ側に設けられる分散補償手段の構成例を示す図(その1)である。

10

【図33】送信部、受信部、及びOADM装置のアド側、ドロップ側に設けられる分散補償手段の構成例を示す図(その2)である。

20

【図34】分散補償するための構成の変形例を示した図(その1)である。

30

【図35】分散補償するための構成の変形例を示した図(その2)である。

40

【図36】分散補償するための構成の変形例を示した図(その3)である。

50

【図37】分散補償するための構成の変形例を示した図(その4)である。

60

【図38】分散補償するための構成の変形例を示した図(その5)である。

70

【図39】分散補償と波形状化特性について示した図(その1)である。

80

【図40】位相マージンが70%以上である場合の分散トレランスを示した図である。

90

【図41】2ファイバBLSRのOADMノードの構成を示した図である。

100

【図42】2ファイバBLSRのOADMノードのプロテクションパスを説明する図(その1)である。

110

【図43】2ファイバBLSRのOADMノードのプロテクションパスを説明する図(その2)である。

120

【図44】OADMノードを備えた2ファイバBLSRネットワークの正常時の構成を説明する図である。

130

【図45】OADMノードを備えた2ファイバBLSRネットワークの光ケーブル断線時の構成を説明する図である。

140

【図46】4ファイバBLSRのOADMノードの構成を示す図である。

150

【図47】OADMノードを備えた4ファイバBLSRネットワークの正常時の構成を説明する図である。

160

【図48】OADMノードを備えた4ファイバBLSRネットワークの光ケーブル断線時の構成を説明する図である。

170

【図49】OADMノードを備えた4ファイバBLSRネットワークのノード障害・光ケーブル断線時の構成を説明する図である。

180

【図50】1つのファイバで両方向伝送を行うシステムにおける2ファイバBLSRのノード構成である。

190

【図51】2ファイバBLSRネットワークに双方OADMノードを適用した場合のプロテクションパスを説明する図(その1)である。

200

【図52】2ファイバBLSRネットワークに双方OADM

テム設計を説明する図である。
【図31】OADM装置部分の分散補償のための構成を示す図である。

【図32】送信部、受信部、及びOADM装置のアド側、ドロップ側に設けられる分散補償手段の構成例を示す図(その1)である。

【図33】送信部、受信部、及びOADM装置のアド側、ドロップ側に設けられる分散補償手段の構成例を示す図(その2)である。

【図34】分散補償するための構成の変形例を示した図(その1)である。

【図35】分散補償するための構成の変形例を示した図(その2)である。

【図36】分散補償するための構成の変形例を示した図(その3)である。

【図37】分散補償するための構成の変形例を示した図(その4)である。

【図38】分散補償と波形状化特性について示した図(その1)である。

【図39】分散補償と波形状化特性について示した図(その2)である。

【図40】位相マージンが70%以上である場合の分散トレランスを示した図である。

【図41】2ファイバBLSRのOADMノードの構成を示した図である。

【図42】2ファイバBLSRのOADMノードのプロテクションパスを説明する図(その1)である。

【図43】2ファイバBLSRのOADMノードのプロテクションパスを説明する図(その2)である。

【図44】OADMノードを備えた2ファイバBLSRネットワークの正常時の構成を説明する図である。

【図45】OADMノードを備えた2ファイバBLSRネットワークの光ケーブル断線時の構成を説明する図である。

【図46】4ファイバBLSRのOADMノードの構成を示す図である。

【図47】OADMノードを備えた4ファイバBLSRネットワークの正常時の構成を説明する図である。

【図48】OADMノードを備えた4ファイバBLSRネットワークの光ケーブル断線時の構成を説明する図である。

【図49】OADMノードを備えた4ファイバBLSRネットワークのノード障害・光ケーブル断線時の構成を説明する図である。

【図50】1つのファイバで両方向伝送を行うシステムにおける2ファイバBLSRのノード構成である。

【図51】2ファイバBLSRネットワークに双方OADMノードを適用した場合のプロテクションパスを説明する図(その1)である。

【図52】2ファイバBLSRネットワークに双方OADM

ADMノードを適用した場合のプロテクションパスを説明する図(その2)である。

【図53】双方向OADMノードを備えた2ファイバBLSRネットワークの正常時の構成を説明する図である。

【図54】双方向OADMノードを備えた2ファイバBLSRネットワークの光ケーブル断線時の構成を説明する図である。

【図55】光1+1プロテクションスイッチの構成例を示した図である。

【図56】光伝送路において、再生器をどのように挿入するかに関する考え方を説明する図である。

【図57】光スイッチを用いた光ADM(OADM)装置の構成の一例を示した図である。

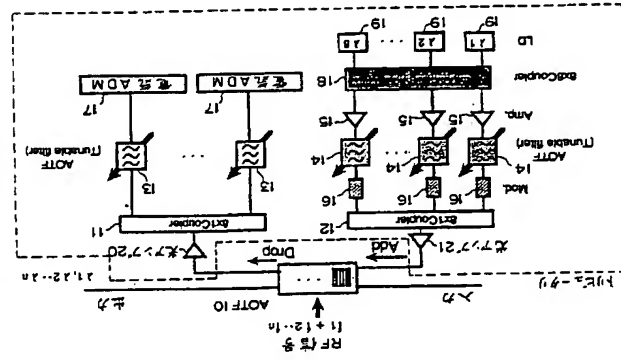
【符号の説明】

- 10、13、14、31、32、42、43、140、143、180、182、196、200
- 11、12、8×1カプラ
- 15、20、21、30、34、40、45、136、20
- 137 光アンプ
- 16、50、197 (光) 変調器
- 17 電気ADM
- 18 8×8カプラ
- 19、139 レーザダイオード
- 33、35、36、41、44、46、47、142、181、190、191、194、195、199、2
- 01 光カプラ
- 37、48、49 波長選択フィルタ(AOTF)
- 60~63 1×2スイッチ
- 130、202 レーザバンク
- 131 分配器
- 132 チューナブルフィルタ
- 133、192 (光) スペクトルモニタ

- 135 外部変調器
- 138 合波器
- 141 RF信号発振器
- 144、184 光受信器
- 183 10:1カプラ
- 185、198 フォトダイオード(PD)
- 186、203 トラッキング回路
- 193 OADM装置制御CPU
- 204 1×4光スイッチ
- 240 発振回路
- 241 周波数カウンタ
- 242 駆動回路
- 340、361 光スイッチまたは光カプラ
- 341、350、360、371 光スイッチ
- 362、370 光カプラ
- 410、414、415、419 1×2カプラ
- 411、413、416、418、420、421、426、427、428、429、434、435、441、442、445、446、449、450、453、454 光ループバックスイッチ
- 412、417 OADM装置
- 422、425、430、433 光1+1プロテクションスイッチ
- 423、431、443、444 OADM装置(現用)
- 424、432、451、452 OADM装置(予備)
- 440、447、448、455 BD-WDMカプラ
- 30 460、461、466、467 2×1カプラ
- 462~465 ゲートスイッチ
- 470~1~470-4 光アンプ
- 471 再生器

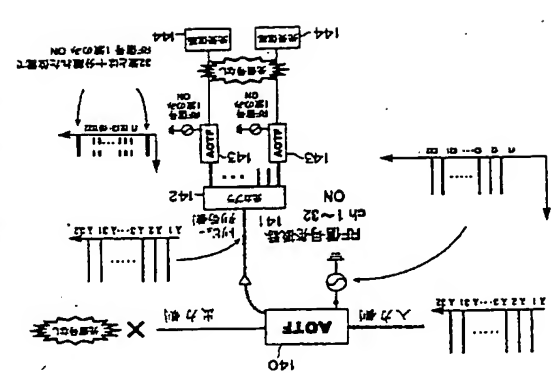
【図11】

AOTFを用いたOADM装置の基本原理を示す図



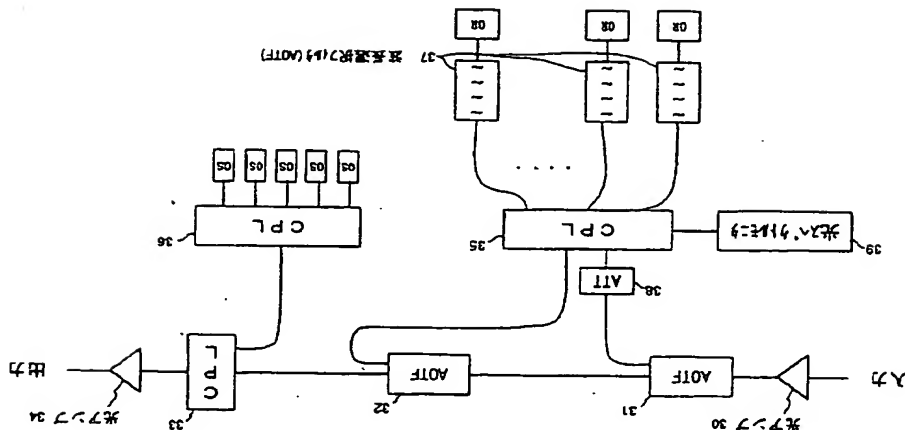
【図14】

OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法の説明図(その1)



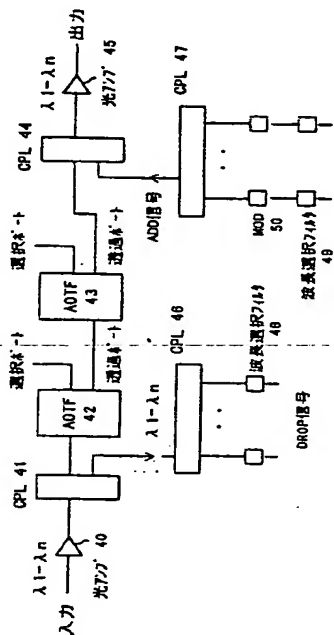
【図2】

実際のAOTFを使用してOADM装置を構成する場合の基本的構成例のブロック図

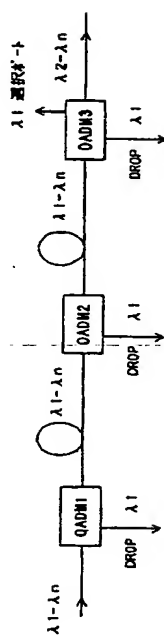


【図3】

AOTFを使ったブロードキャスト対応のOADM装置の構成例を示すブロック図



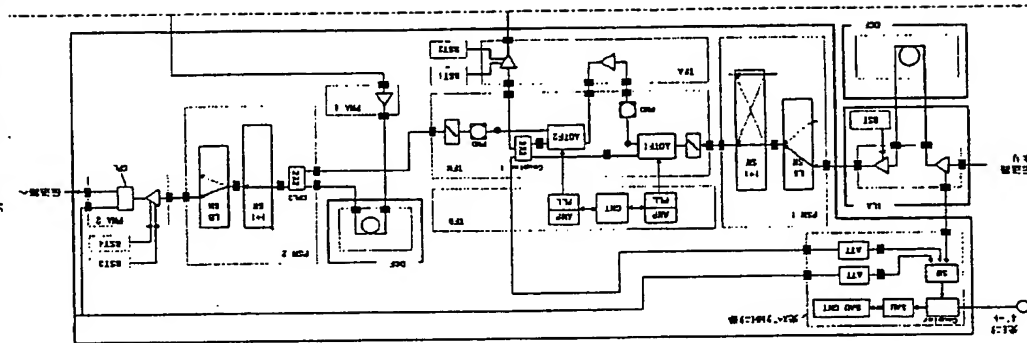
(a)



(b)

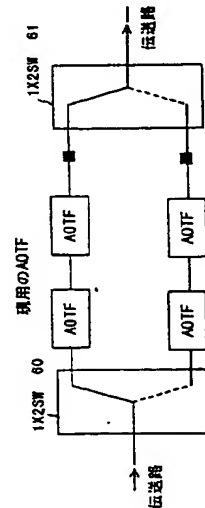
【図5】

AOTFを使用したOADM装置の具体的構成の
第1の例を示す図(その1)

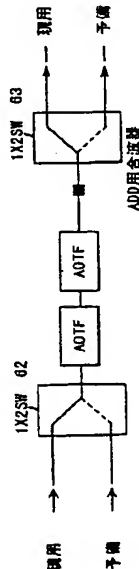


【図4】

OADM装置内のAOTF及び伝送路の
冗長構成を示す原理図

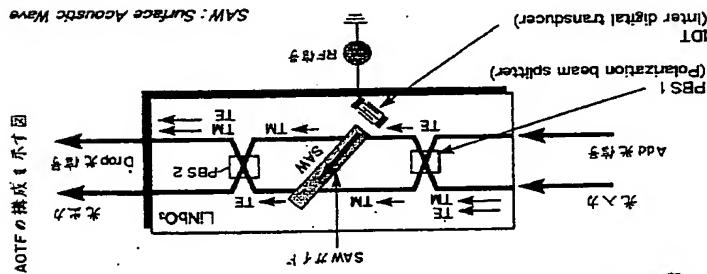


(a)



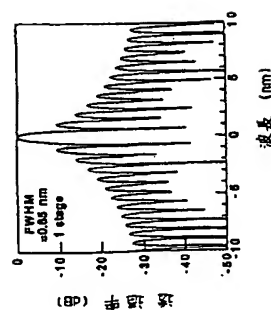
(b)

【図21】



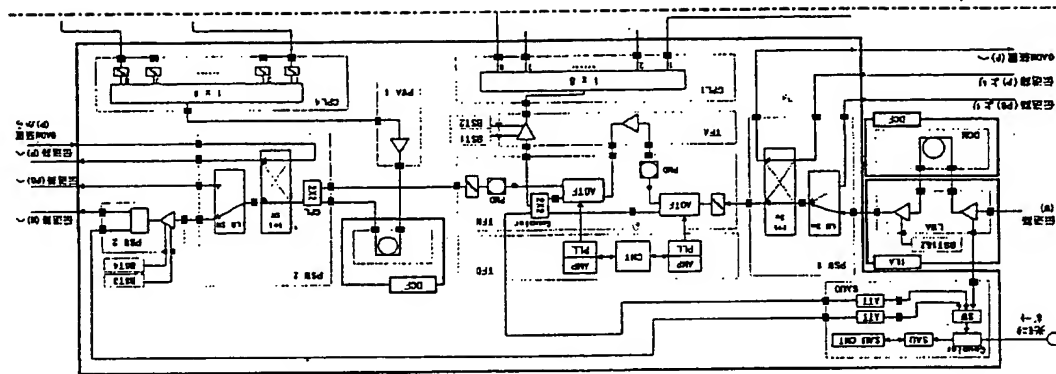
【図22】

図21のAOTFの透過特性を示した図



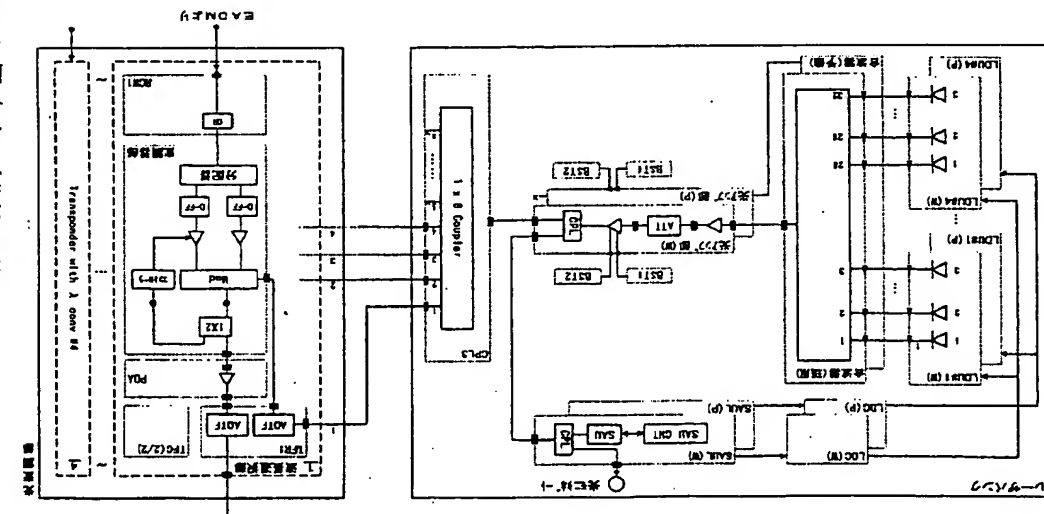
【図9】

AOTFを用いたOADM装置の具体的な構成の第3の例を示す図
(その1)



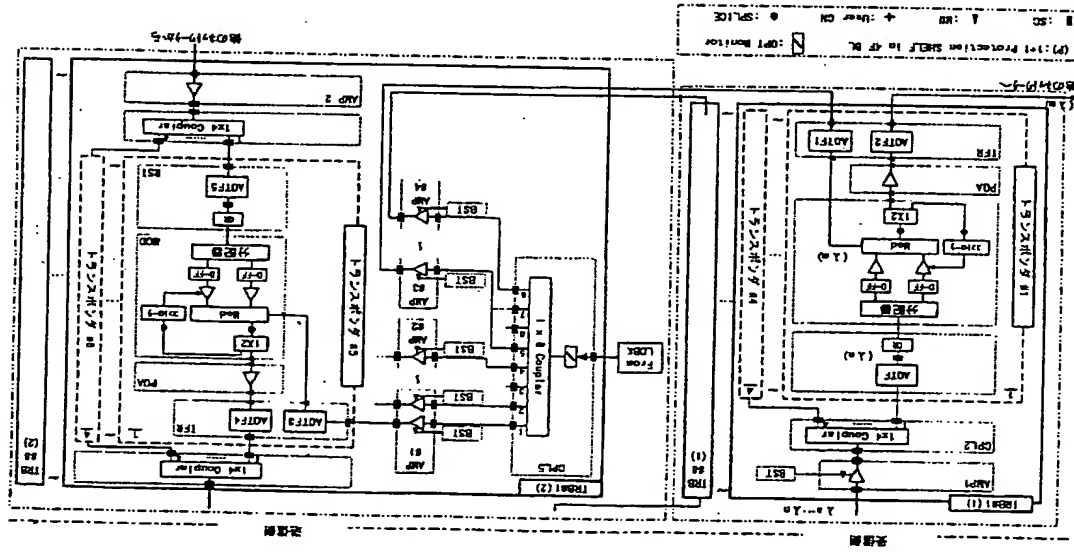
【図8】

AOTFを用いたOADM装置の具体的な構成の
第2の例を示す図 (その2)



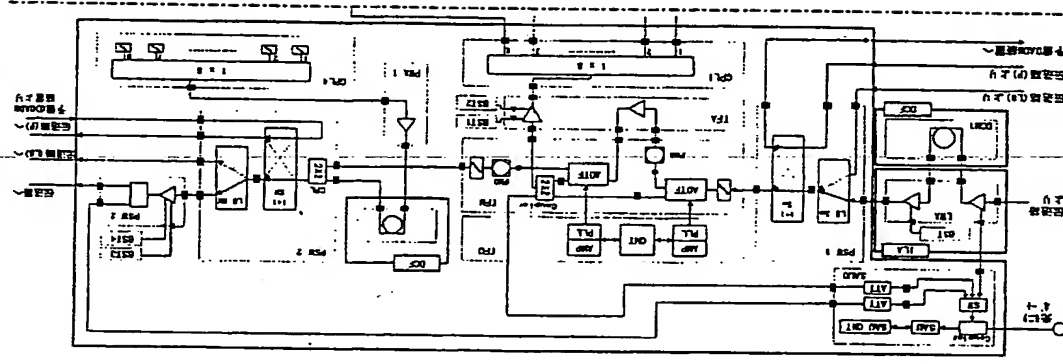
【図10】

AOTEを使ったOADM装置の具体的構成の第3の例を示す図
(その2)



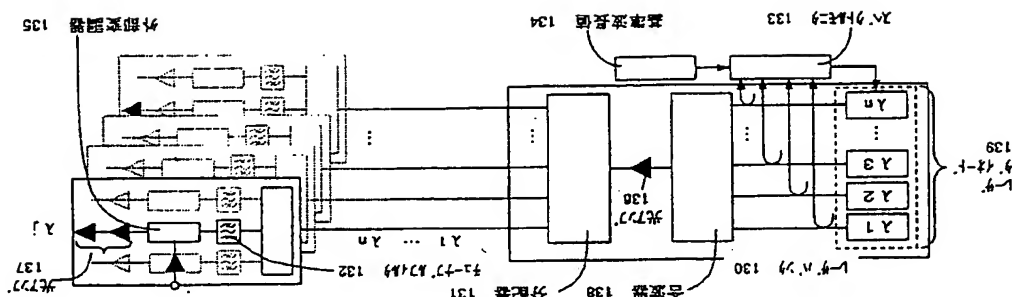
【図11】

AOTEを使ったOADM装置の具体的構成の
第4の例を示す図 (その1)



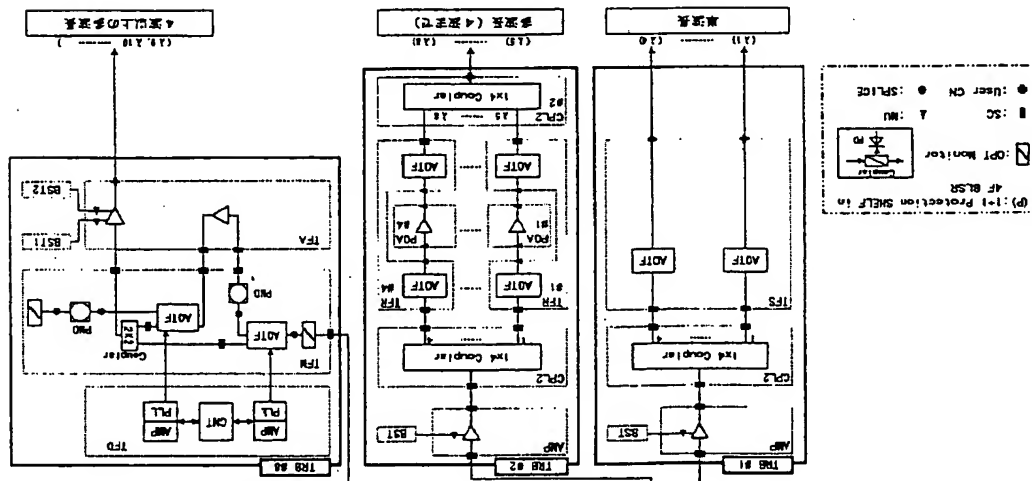
【図13】

アド光信号を生成するための光を供給するための
使用されるレーザバソク構成及び概念を説明する図



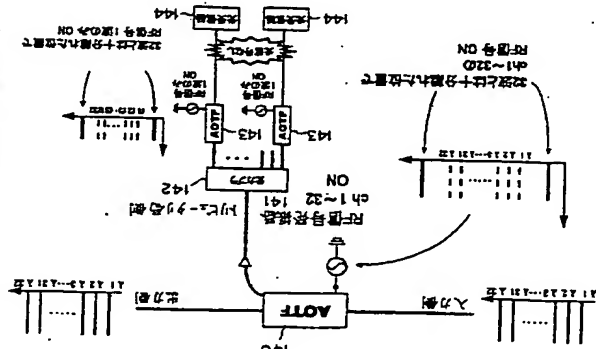
【図12】

AOTFを使ったOADM装置の具体的構成の
第4の例を示す図 (その2)



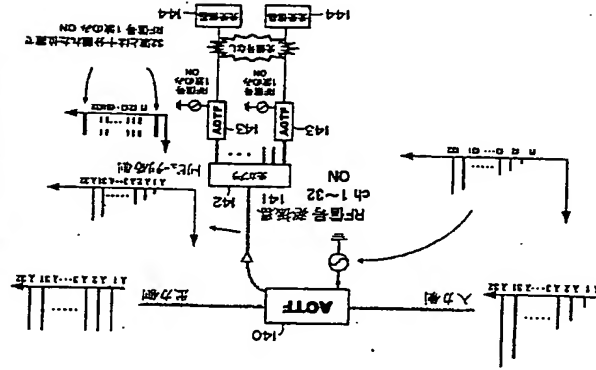
【図15】

OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(702)



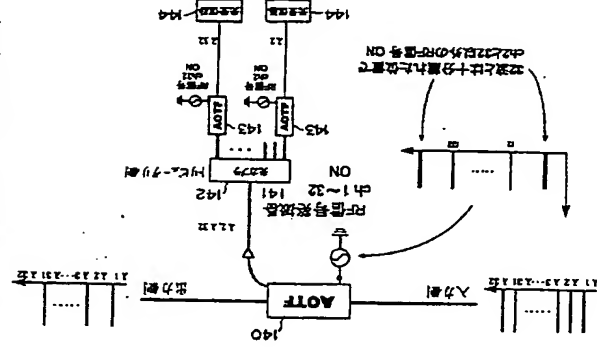
【図16】

OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(703)



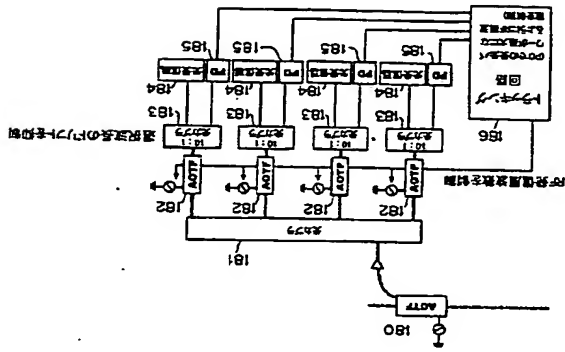
【図17】

OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(704)



【図18】

OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(705)



【図19】

AOTFの駆動回路の概略構成を示す図

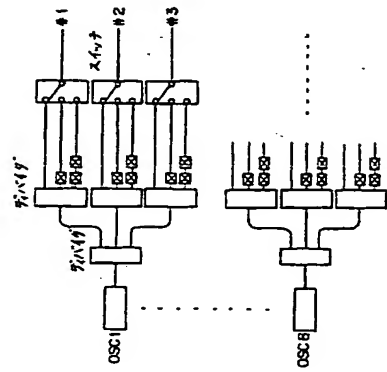
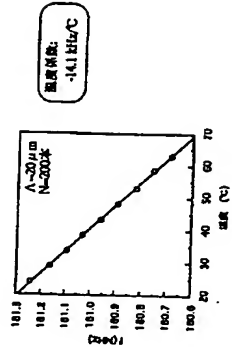


図120 位相遅延部

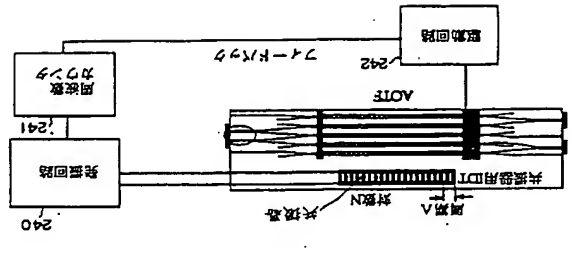
【図25】

共振器の温度依存性を示す図



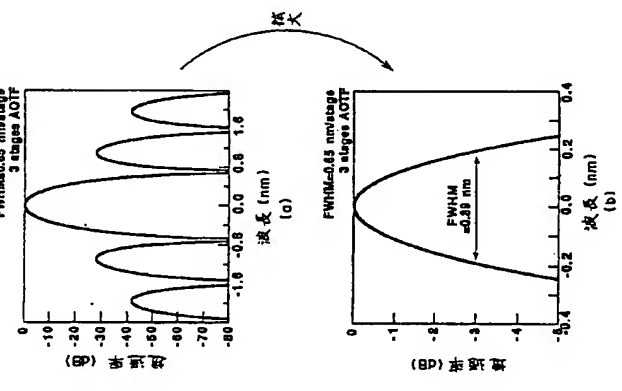
【図24】

AOTFの温度依存性に対する
対称技術の説明図



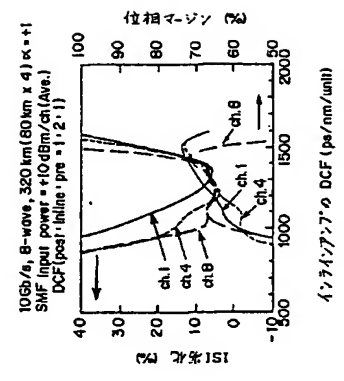
【図23】

図21のAOTFを3段モノリシックに接続し、
同一周波数のSAWで波長変換した場合の波長
選択特性



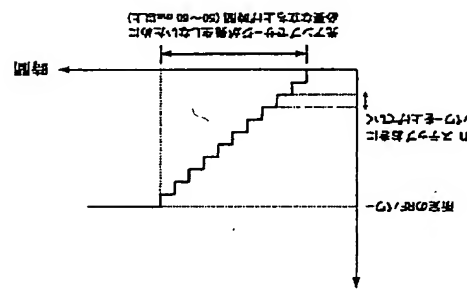
【図39】

分散補償と波長変換特性について示す図
(その2)



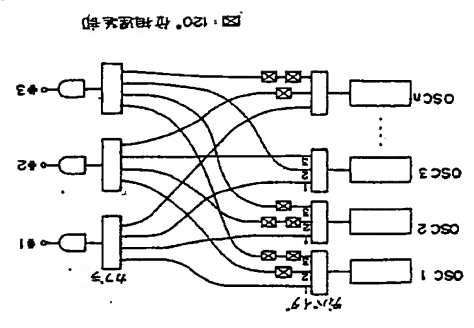
【図20】

OADM装置におけるドロップ用AOTFの
制御方法を説明する図(その7)



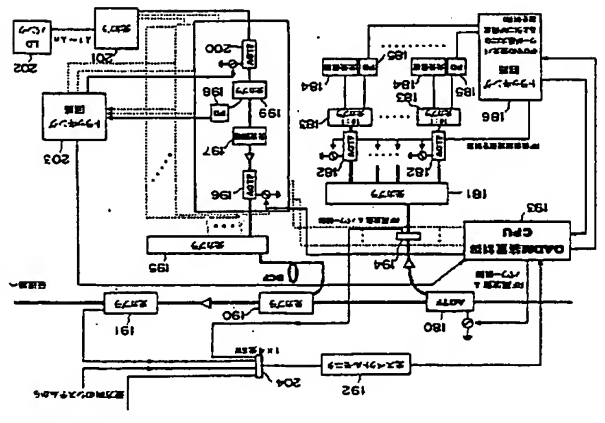
【図28】

AOTF駆動回路の
概略構成を示す第1の例を示す図



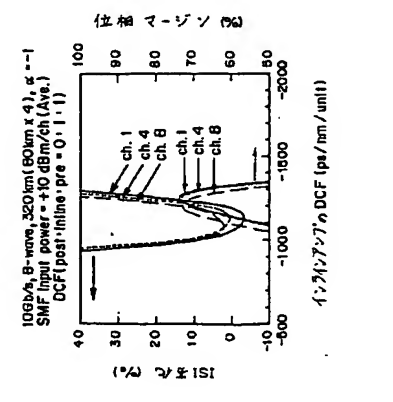
【図19】

OADM装置におけるドロップ用AOTFの
制御方法を説明する図(その6)



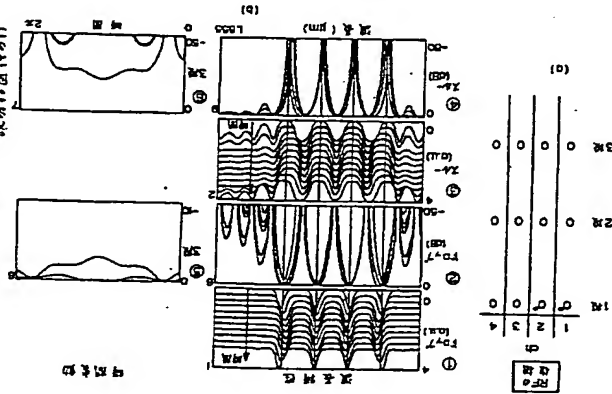
【図38】

分散補償と波長変換特性について示す図
(その1)



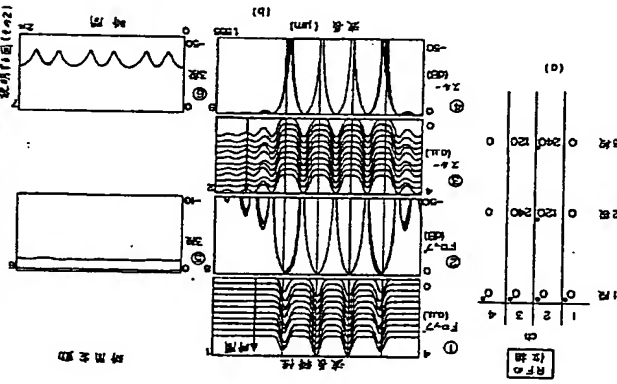
【図26】

3段構成のAOTFの通波特性の値が1.5倍の値に達するまでの説明図(47)



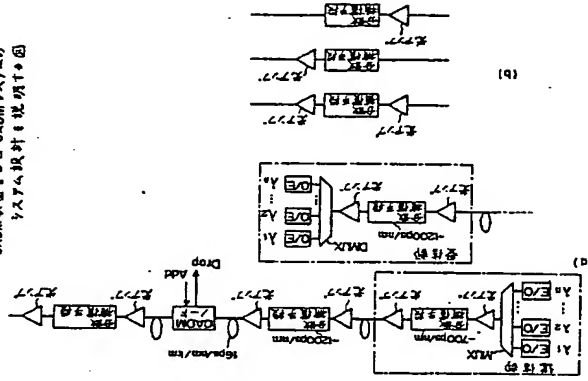
【図27】

3段構成のAOTFの通波特性の値が1.5倍の値に達するまでの説明図(48)



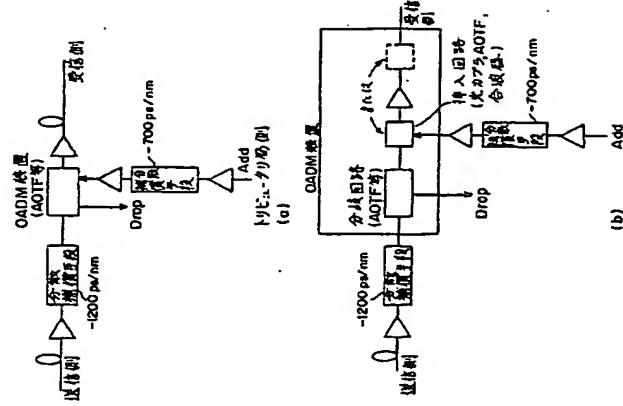
【図30】

OADM装置を含むOADMシステムのシステム設計を説明する図



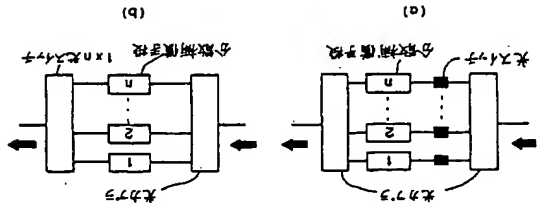
【図31】

OADM装置部分の分岐構造の例の構成を説明する図



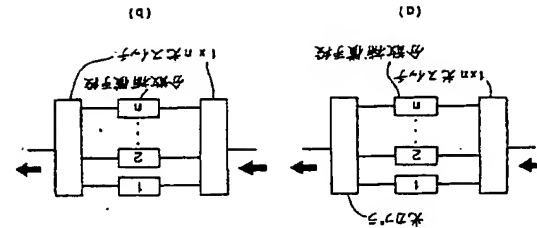
【図32】

送信部、受信部、及びOADM装置のアド側、
ドロップ部に設けらる分散補償手段の構成例
示す図(その1)



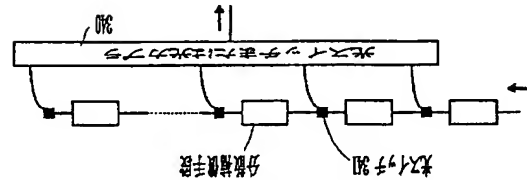
【図33】

送信部、受信部、及びOADM装置のアド側、
ドロップ部に設けらる分散補償手段の構成例
示す図(その2)



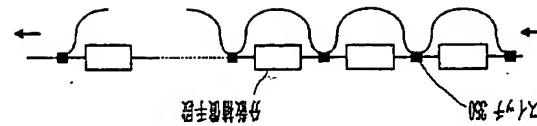
【図34】

分散補償手段のための構成の変形例を示す図
(その1)



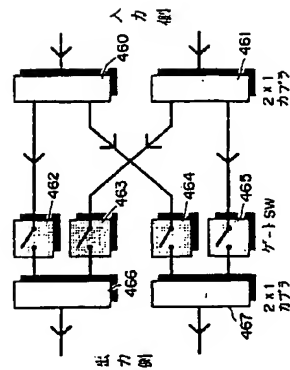
【図35】

分散補償手段のための構成の変形例を示す図
(その2)



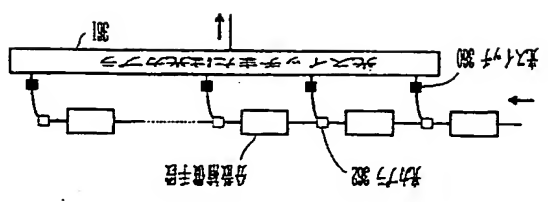
【図55】

光1+1プロテクションスイッチの構成例を示す図



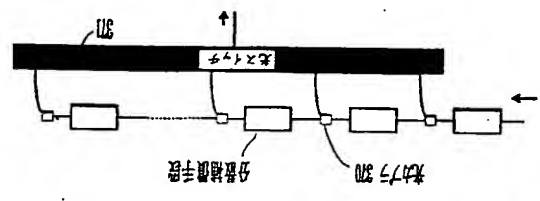
【図36】

分散補償手段の構成の变化例を示した図
(その3)



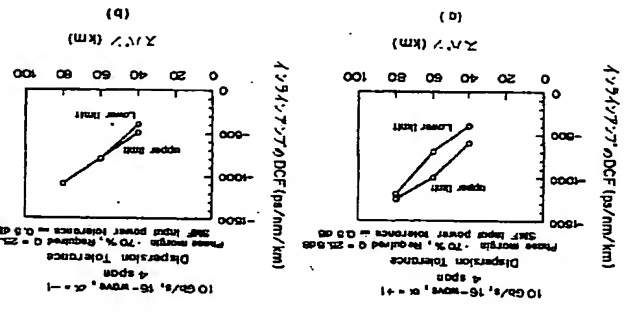
【図37】

分散補償手段の構成の变化例を示した図
(その4)



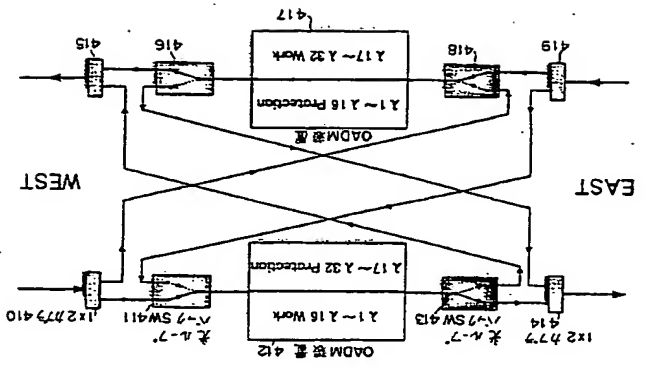
【図40】

位相マージンが70%以上である場合の、
分散補償手段の構成の变化例を示した図



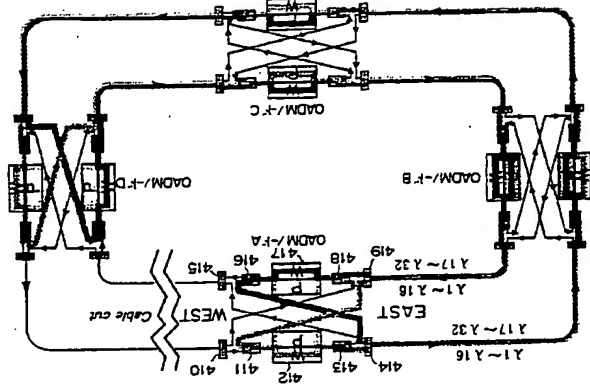
【図41】

2ファイバBLSRのOADMノードの構成を示した図



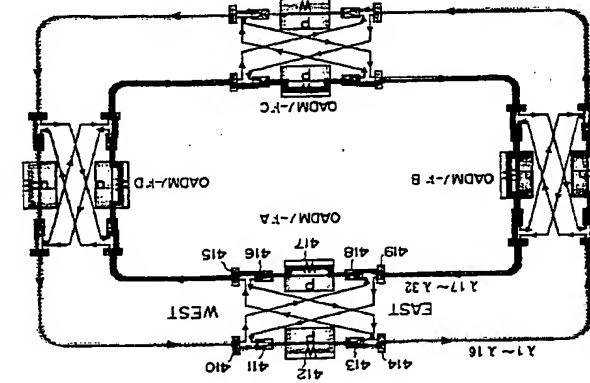
【図45】

OADMノードを備えた2774BLSRネットワークの
光ケーブル断線時の構成を説明する図



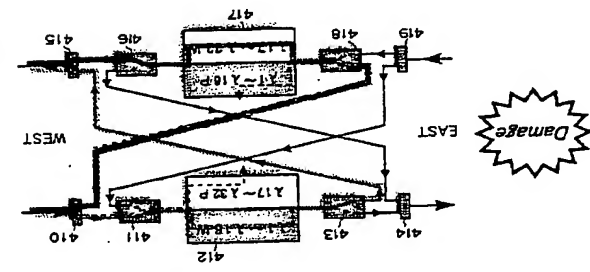
【図44】

OADMノードを備えた2774BLSRネットワークの
正常時の構成を説明する図



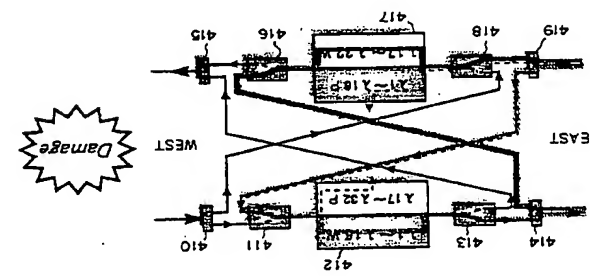
【図43】

2774BLSRのOADMノードの
プロテクションパスを説明する図 (402)



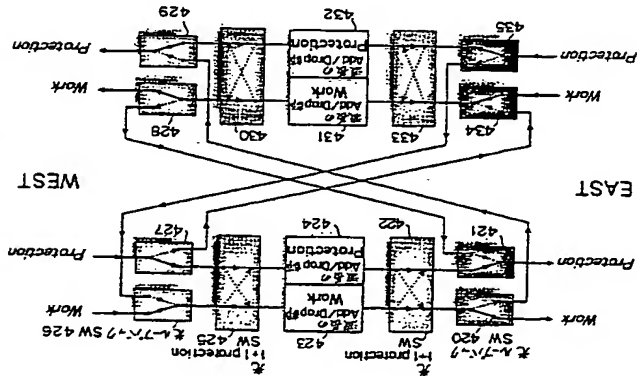
【図42】

2774BLSRのOADMノードの
プロテクションパスを説明する図 (401)



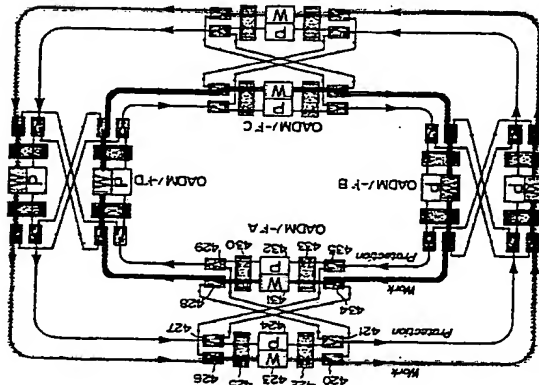
【図46】

47/1バBLSRのOADMノードの構成を示す図



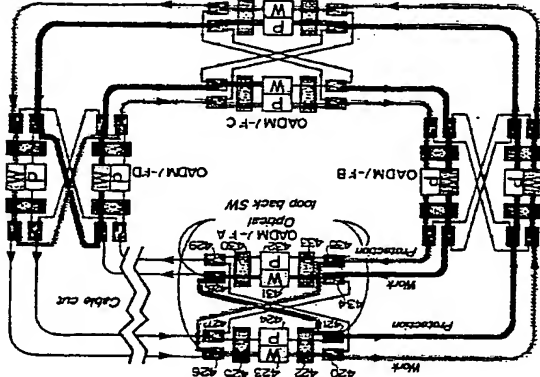
【図47】

OADMノードを構成した47/1バBLSRネットワークの正常時の構成を説明する図



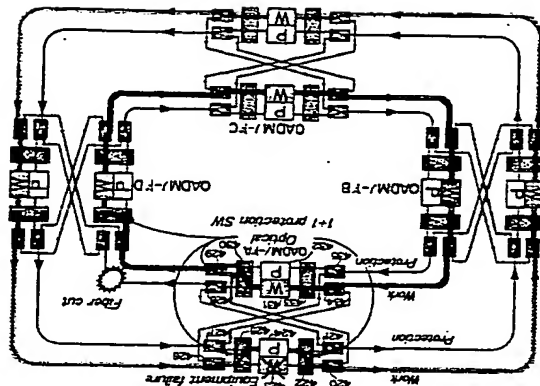
【図48】

OADMノードを構成した47/1バBLSRネットワークの光ケーブル断線時の構成を説明する図



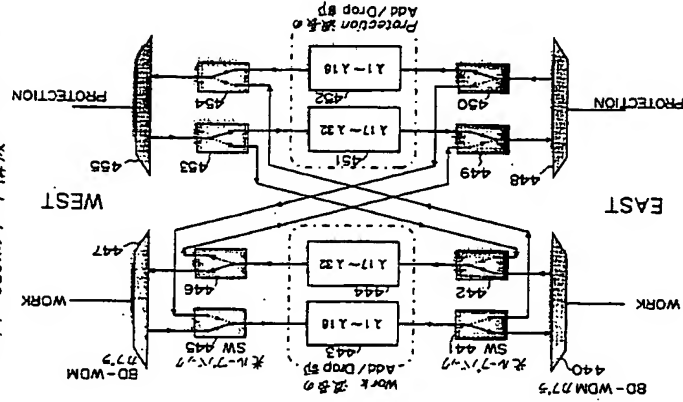
【図49】

OADMノードを構成した47/1バBLSRネットワークのノード障害・光ケーブル断線時の構成を説明する図



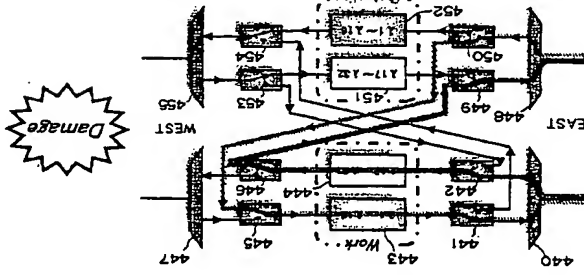
【図50】

1つの方向BLSRネットワークに双方向OADMノードを
2つの方向BLSRのノード構成



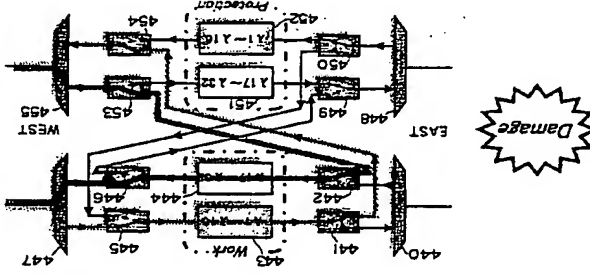
【図51】

2つのBLSRネットワークに双方向OADMノードを
適用した場合のプロテクションパスを説明する図
(その1)



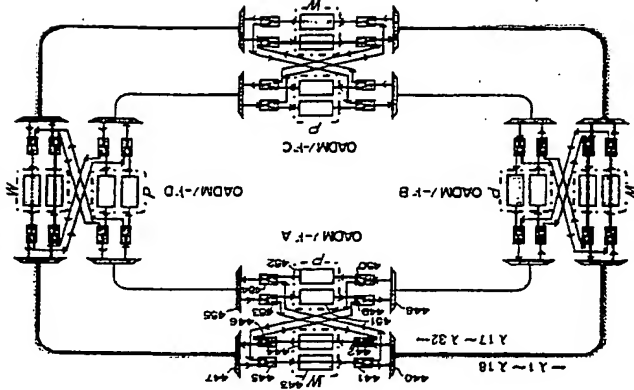
【図52】

2つのBLSRネットワークに双方向OADMノードを
適用した場合のプロテクションパスを説明する図
(その2)



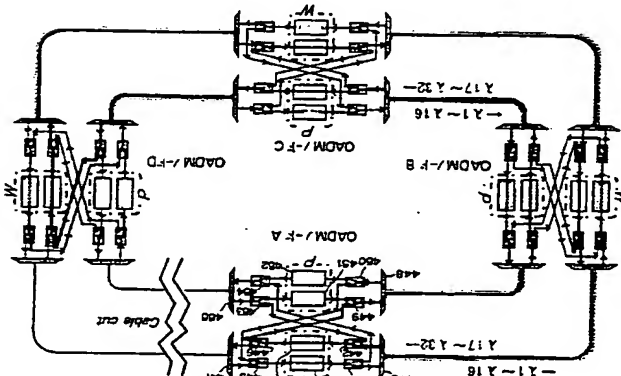
【図53】

双方向 OADM ノードを構成した 2つの BLSR
ネットワークの正常時の構成を説明する図



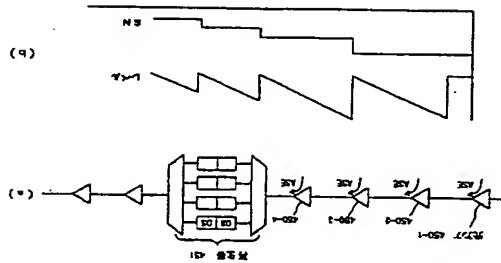
【図54】

双方向 OADM ノードを備えた 2 階ハブ BLSR 2+1+2 の光カラム断線時の構成を説明する図



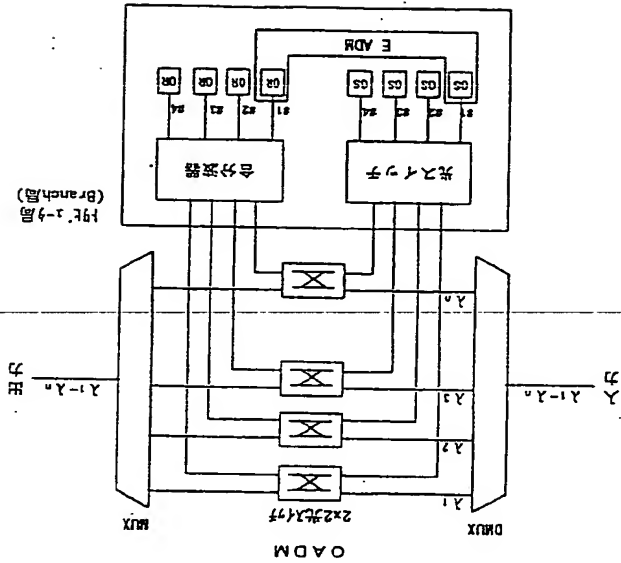
【図56】

光伝送路において再生器をどのように挿入するのに関し説明する図



【図57】

光スイッチを用いた光ADM (OADM) 装置の構成の一例を示した図



フロントページの続き

(51) Int. Cl.[°] 識別記号

H04 J 14/02

(72) 発明者 大塚 和恵

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 甲斐 雄高

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 中沢 忠雄

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 近間 輝英

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内